

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BROŞ TAKIMLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI

Oğuzhan A. ÇIRAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
İmal Usulleri Programı

Danışman
Prof. Dr. Erhan ALTAN

Haziran, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BROŞ TAKIMLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI

Oğuzhan A. ÇIRAK tarafından hazırlanan tez çalışması 12.07.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erhan ALTAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Erhan ALTAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Orhan ÇAKIR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf KAYNAK, Üye
Marmara Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Erhan ALTAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Broş Takımlarının Bilgisayar Destekli Tasarımı başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Oğuzhan A. ÇIRAK

İmza

Eşime

ve

aileme

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Erhan ALTAN hocama, yoğun çalışmalarım sırasında sabır gösteren ve aynı zamanda mühendis yanıyla da her konuda bana yardımcı olan eşime, algoritma çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Numan KINALI beye ve çalışmam sırasında küçük veya büyük yardımını esirgemeyen bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Oğuzhan A. ÇIRAK

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	14
1 GİRİŞ	15
1.1 Literatür Özeti.....	16
1.2 Tezin Amacı.....	18
2 BROŞ TAKIMLARI VE BROŞLAMA PARAMETRELERİ	20
2.1 Broş takımı çalışma prensibi.....	20
2.1.1 Broş takımlarında fonksiyonel bölgeler.....	21
2.1.2 Broş takımlarında kesici diş formu.....	23
2.2 Broş takımı modelleri.....	25
2.2.1 Delik İçi Broş Takımları.....	25
2.2.2 Yüzey Broş Takımları.....	26
2.3 Çalışma kapsamında kullanılacak broş takımı modelleri ve gerekçeleri.....	28
2.4 Broş çekme tezgâhları.....	29
2.4.1 Dikey broş çekme tezgahları.....	29
2.4.2 Yatay broş çekme tezgahları.....	31
2.4.3 Konveyör tip broş çekme tezgahları.....	32
3 BROŞ TAKIMLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI	34
3.1 Delik içi yuvarlak broş takımları.....	34
3.1.1 İşlenecek parça verileri.....	35
3.1.2 Diş sayısı ve hatve seçimi.....	38
3.1.3 Ön ve arka tutucu seçimi.....	46
3.1.4 Yazılımda girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri.....	50
3.2 Delik içi kama broş takımları.....	53
3.2.1 İşlenecek parça verileri.....	53
3.2.2 Diş sayısı ve hatve seçimi.....	55
3.2.3 Ön ve arka tutucu seçimi.....	56

3.2.4 Yazılımda girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri.....	59
3.3 Yüzey profil broş takımları.....	62
3.3.1 İşlenecek parça verileri.....	62
3.3.2 Diş sayısı ve hatve seçimi.....	63
3.3.3 Yazılımda girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri.....	65
4 UYGULAMA ÖRNEKLERİ	66
4.1 Delik içi yuvarlak broş takımı için örnek.....	66
4.1.1 Broşlanacak parçaya ait veriler.....	66
4.1.2 Program üzerinde yapılan seçimler ve çıktılar.....	67
4.1.3 Tasarıma uygun imalat ve broşlama.....	69
4.2 Delik içi kama broş takımı için örnek.....	72
4.2.1 Broşlanacak parçaya ait veriler.....	72
4.2.2 Program üzerinde yapılan seçimler ve çıktılar.....	73
4.2.3 Tasarıma uygun imalat ve broşlama.....	74
4.3 Yüzey profil broş takımı için örnek.....	75
4.3.1 Broşlanacak parçaya ait veriler.....	75
4.3.2 Program üzerinde yapılan seçimler ve çıktılar.....	76
4.3.3 Tasarıma uygun imalat ve broşlama.....	78
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKÇA	83
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	85

KISALTMA LİSTESİ

Db	Diş üstü çap değeri (mm) (Seçilen – kullanılan)
Dp	Broş öncesi çap değeri (mm) (Seçilen – kullanılan)
Dp*	Broş öncesi çap değeri (mm) (Program tarafından önerilen)
Dr	Kama broşları için kama genişliği değeri (mm)
Dt	Diş dibi çap değeri (mm) (Seçilen – kullanılan)
Ha	Profilden kaldırılacak paso miktarı (çapta - mm) (Seçilen – kullanılan)
Hb	Delik kalibreden kaldırılacak paso miktarı (çapta - mm) (Seçilen – kullanılan)
Hc	Kama broşları için kaldırılacak paso miktarı (tek yönde – mm)
Ho	Ortalama paso (mm – çapta) (Seçilen – kullanılan)
Ho*	Ortalama paso (mm – çapta) (Program tarafından önerilen)
Hoa	Arkadan kalibre önerilen ortalama paso (mm-çapta)
Lb	Broşlama Boyu (mm)
Lk	Hesaplanan kesici diş boyu (mm) (Seçilen değerler üzerinden hesaplanan)
Na	Profil diş sayısı (adet) (Seçilen – kullanılan)
Na*	Profil diş sayısı (adet) (Program tarafından önerilen)
Nay	Profil yedek diş sayısı (adet) (Seçilen – kullanılan)
Nay*	Profil yedek diş sayısı (adet) (Program tarafından önerilen)
Nb	Önden kalibre diş sayısı (adet) (Seçilen – kullanılan)
Nb*	Önden kalibre diş sayısı (adet) (Program tarafından önerilen)
Nby	Önden kalibre yedek diş sayısı (adet) (Seçilen – kullanılan)
Nby*	Önden kalibre yedek diş sayısı (adet) (Program tarafından önerilen)
Nc	Arkadan kalibre diş sayısı (adet) (Seçilen – kullanılan)
Nc*	Arkadan kalibre diş sayısı (adet) (Program tarafından önerilen)
Ncy	Arkadan kalibre yedek diş sayısı (adet) (Seçilen – kullanılan)
Ncy*	Arkadan kalibre yedek diş sayısı (adet) (Program tarafından önerilen)
Nd	Kama broşu için kesici diş sayısı(adet)
Nt	Hesaplanan toplam diş sayısı (adet) (Seçilen değerler üzerinden hesaplanan)

t	Hatve değeri (mm) (Seçilen – kullanılan)
t*	Hatve değeri (mm) (Program tarafından önerilen)
ta1	Arkadan kalibre bölgesi önerilen 1. hatve (mm) (Seçilen – kullanılan)
ta1* önerilen)	Arkadan kalibre bölgesi önerilen 1. hatve (mm) (Program tarafından
ta2	Arkadan kalibre bölgesi önerilen 2. hatve (mm) (Seçilen – kullanılan)
ta2* önerilen)	Arkadan kalibre bölgesi önerilen 2. hatve (mm) (Program tarafından

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Broş takımı çalışma prensibi.....	21
Şekil 2.2 Broş takımlarında fonksiyonel bölgeler.....	22
Şekil 2.3 Broş takımlarında kesici diş formu	23
Şekil 2.4 Delik içi broş takımıyla broşlama işlemi	26
Şekil 2.5 Yüzey broş takımıyla broşlama işlemi	27
Şekil 2.6 Dikey bir broş çekme tezgâhı	30
Şekil 2.7 Büyük çaplı bir broş takımının broş çekme tezgâhı üzerine konumlanması ve üst tutucu mekanizması	31
Şekil 2.8 Yatay broş çekme tezgâhlarının şematik gösterimi	32
Şekil 2.9 Konveyör tip broş çekme tezgâhlarının şematik gösterimi	32
Şekil 3.1 Diş üstü, diş dibi ve broş öncesi çaplar	35
Şekil 3.2 Yazılımda işlenecek parça dataları bölümü	37
Şekil 3.3 Yazılımda diş sayısı ve hatve seçimi bölümü.....	39
Şekil 3.4 Yedek dişlerin broş takımı üzerinde gösterimi.....	43
Şekil 3.5 Yazılımda ön ve arka tutucu seçimi bölümü.....	47
Şekil 3.6 Yuvarlak broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 1. kısım	51
Şekil 3.7 Yuvarlak broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 2. kısım	52
Şekil 3.8 Delik içi kama broş takımlarında parça, malafa ve broş takımının gösterimleri	53
Şekil 3.9 Yazılımda işlenecek parça dataları bölümü.....	54
Şekil 3.10 Yazılımda diş sayısı ve hatve seçimi bölümü.....	55
Şekil 3.11 Yazılımda ön ve arka tutucu seçimi bölümü.....	56
Şekil 3.12 Kama broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 1. kısım	59
Şekil 3.13 Kama broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 2. kısım	60
Şekil 3.14 Yüzey broş takımlarında parça, takım ve tezgâh yerleşimi	61
Şekil 3.15 Yüzey broş takımlarında parça, takım ve tezgâh yerleşimi	62
Şekil 3.16 Yazılımda işlenecek parça dataları bölümü.....	63
Şekil 3.17 Yazılımda diş sayısı ve hatve seçimi bölümü.....	64
Şekil 3.18 Yüzey profil broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri....	65
Şekil 4.1 Program tarafından tayin edilen tasarım parametreleri	68

Şekil 4.2 Program tarafından çizilen teknik resim	69
Şekil 4.3 Dizayn edilmiş broş takımının tezgâha bağlanması	70
Şekil 4.4 Broşlama öncesi çapa hassas tornalanmış parça deliği	70
Şekil 4.5 Parçanın hassas tornalanmış delik çapından broş takımının ön şaftını yataklaması	71
Şekil 4.6 Broşlama sonrası broş takımının parçayı terk etmesi	71
Şekil 4.7 Broşlama sonrası parça deliğinde oluşan evolvent formu	72
Şekil 4.8 Program tarafından tayin edilen tasarım parametreleri	74
Şekil 4.9 Program tarafından çizilen teknik resim	74
Şekil 4.10 Örnek bir kama broş takımı ile broşlama prosesi ve broşlama sonrası parça geometrisi	75
Şekil 4.11 Talep edilen parçanın katı modeli	76
Şekil 4.12 Program tarafından tayin edilen tasarım parametreleri	77
Şekil 4.13 Program tarafından çizilen teknik resim	78
Şekil 4.14 Örnek bir yüzey profil broş takımında hedeflenen geometri gösterimi.....	79
Şekil 4.15 Örnek bir yüzey profil broş takımında orta bölgedeki kesici dişler ve profil formunu tamamlayan dişlerin gösterimi	79

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Malzeme cinsine göre kesme açıları.....	24
Tablo 2.2 Malzeme cinsine göre broşlama hızları.....	25
Tablo 3.1 Malzeme cinsine göre ortalama paso çizelgesi.....	38
Tablo 4.1 Delik içi yuvarlak broş takımı parça verileri.....	66
Tablo 4.2 Yazılım çıktısı.....	67
Tablo 4.3 Delik içi kama broş takımı parça verileri	73
Tablo 4.4 Yazılım çıktısı.....	73
Tablo 4.5 Yüzey profil broş takımı parça verileri	76
Tablo 4.6 Yazılım çıktısı.....	77

Broş Takımlarının Bilgisayar Destekli Tasarımı

Oğuzhan A. ÇIRAK

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Erhan ALTAN

Artan dijitalleşme ve teknik hesaplamaların bilgisayar destekli yazılımlar tarafından yapılması, hatasızlaştırma ve Endüstri 4,0 gibi sektörel konseptlerin gelişmesiyle ülkemizde büyük bir hız kazanmıştır. Talaşlı imalat proseslerinde kullanılan, özellikle otomotiv ve savunma sanayiinde büyük ölçüde yer alan broş takımlarının tasarımı ve üretimi ülkemizde az sayıda firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Hesaplama tekniklerinin ve know-how'ın büyük ölçüde Avrupa menşeli firmaların tekelinde olması sebebiyle yerli firmalar, broş takımlarının tasarımında bilindik genel geçer formüller ve algoritmalar kullanmakta ve tecrübeleriyle bu algoritmaları geliştirmeye çalışmaktadırlar. Her yeni imal edilmiş broş takımının performansı yerli broş takımı üreticilerinin müşterileriyle ortaklaşa takip edilerek bu çalışmada kullanılan algoritmalar tasarım iyileştirme süreçlerinde kullanılmıştır ve günümüzde de bu iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Bu çalışmada yerli üreticilerin tasarım tecrübeleri derlenmiş, dijitalize edilerek sayısal tabanlı algoritmalarla bilgisayar destekli programa dönüştürülmüştür.

Üretilen program ile üç farklı tipte broş takımı tasarlanmıştır ve bu broş takımları üretilerek deneme parçaları broşlama işlemine tabi tutulmuştur.

Deneme operasyonları sonrasında istenen ölçü kararlılığı ve yüzey hassasiyetlerinin yakalandığı görülmüştür.

Bu kapsamda programın uç şartlara uyum sağlayabilmesi için deneme yanılma metoduyla veri setlerinin genişletilmesi ve uç şartlardaki hesaplama hatalarının minimize edilmesi için gelecekte algoritmik hesaplamalara katsayı eklemek suretiyle programın geliştirilmesi mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Broş takımları tasarım, broşlama, takım tasarım programı

Computer Aided Design of Broaching Tools

Oğuzhan A. ÇIRAK

Department of Mechanical Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Erhan ALTAN

Increasing digitalization and technical calculations made by computer-aided software, error-proofing and the development of business concepts such as Industry 4.0 have gained great speed in our country. The design and production of broaching tools, which are used in machining processes, especially in the automotive and defense industry, are carried out by a small number of companies. Due to the fact that the calculation techniques and know-how are largely under the monopoly of European companies, domestic companies use common formulas and algorithms in the design of broaching tools and try to develop these algorithms with their experience. The performance of each newly manufactured broaching tool has been followed jointly with the customers of the broaching tool manufacturer, and these algorithms were used in design improvement processes, and these studies continue today. In this study, the design experiences of domestic manufacturers were compiled, digitized and transformed into computer-aided programs with numerical based algorithms.

With the program produced, three different types of broaching tools were designed, and these tools were produced and the trial pieces had broached.

It has been observed that the desired measurement stability and surface precision have been achieved after the trial operations.

In this context, it is understood that the program can be developed by adding coefficients to algorithmic calculations in the future in order to expand the data sets by trial and error method in order for the program to adapt to extreme conditions, and to minimize calculation errors in extreme conditions.

Keywords: Broaching tools design, broaching, tool design program

1.1 Literatür Özeti

Broş takımı, uygun aparat ve makine sistemleri vasıtasıyla, delik içine yahut parça yüzeyine basit veya karmaşık formları seri ve hassas bir şekilde tek eksenle hareket ederek kademeli dişleriyle talaş kaldırmak suretiyle işleyen takımlara verilen isimdir.

Bu takımların tasarımında broşlama boyu, talaş haznesi hesabı gibi geometrik öğelerden yola çıkan hesaplamalar temel teşkil etse de ideal şartlarda olmayan proseslerden kaynaklı sapmaların telafi edilmesi amacıyla tecrübeye dayalı ayarlamalar yapılması gerekmektedir. Ve bu ayarlamalar sistematik bir biçimde incelendiğinde aslında arka planında hesaplanabilir ve öngörülebilir parametrelerin bulunduğu fark edilir. Bu çalışmada öngörülebilir sapmaların hesaplama adımlarına dâhil edilerek otomatik hesaplama yapan bir yazılım oluşturulması amaçlanmıştır.

1997 yılında Sham Kumar Rajam tarafından “Desing and Finite Element Analysis of the Broaching Tools” başlıklı makalede, broş takımlarının tipleri analiz edilmiş, farklı tipler üzerine mesh yöntemi ile sonlu elemanlar analizi metodu kullanılarak farklı bölgelerde oluşan gerilmeler sayısal olarak modellenmeye çalışılmıştır [1].

1990 yılında Saiful ISLAM tarafından “Design Of Broaches Using Computer” başlıklı makalede, günün bilişim şartlarıyla “logical test” denilen sorgulama metotlarıyla tasarlanmak istenen broş takımının geometrik ölçülerinin rakamlar bazında çıktısını veren bir algoritma üzerine çalışılmıştır [2].

2004 yılında Utku Köktürk tarafından “Optimization of Broaching Tool Design” başlıklı makalede yazılımsal olarak tasarım optimizasyon algoritması geliştirilmiş, ve maksimum MRR ile en kısa takım uzunluğu hedef alınarak döngüsel çalışan bir yazılım geliştirilmiştir. Bu döngüde ilk tasarım öğeleri kullanılarak oluşturulan broş takımı üzerindeki yükler, talaş akışları, gerinimler ve tezgâh yükleri analiz

edilmiş, ardından bu analiz sonuçlarını iyileştirmek üzere tasarım öğeleri değiştirilerek yeniden analizler yapılmıştır. Bu şekilde algoritma test edilmiştir [3].

2012 yılında A.V. Pradeep, K. Ram Prasad, T. Victor Babu tarafından “Design And Finite Element Analysis Of Broaching Tools” başlıklı makalede, sonlu elemanlar analizi metoduyla broşlama esnasında takım üzerindeki dişlere gelen yükler incelenmiş ve tasarım öğelerinin bu yüklere etkileri mercek altına alınmıştır [4].

2013 yılında Malyadri Akula, K.Chandra Sekhar, Akula Nagendra tarafından “Design And Analysis of Broach Tool For Splines” başlıklı makalede bir dişli kutusunda yer alan evolvent bir iç dişlinin üretiminde kullanılmak üzere bir broş takımı tasarlanmıştır. Bu takımın farklı kesme ağzı açıları kullanılarak imal edilmesi durumunda kesme kuvvetlerinin ve broşlama kuvvetlerinin nasıl değişeceği analiz edilmiştir [5].

2014 yılında P. Vogtel, F. Klocke, D. Lung ve S. Terzi tarafından “Automatic Broaching Tool Design by Technological and Geometrical Optimization” başlıklı makalede, kompleks formların broşlanmasında, broş takımlarının dişlerinin kademelendirme yönü ile her bir dişe gelen kesme kuvvetlerinin formülize edilmesi üzerine çalışılmıştır [6].

2014 yılında A. Hossein ve H. A. Kishawy tarafından “On the Optimized Design of Broaching Tools” başlıklı makalede MRR değerini maksimize etmek için broş takımı tasarımında yer alan kesme ağzı açıları, sırt açısı, hatve uzunluğu ve diş başına paso değerlerinin etkileri broşlama kuvveti ölçülerek analiz edilmiştir [7].

2018 yılında Arash Ebrahimi Araghizad tarafından “Geometrical Optimization of the Broaching Tools by Leveling of the Cutting Forces” başlıklı makalede özellikle çam ağacı formu işleyen broş takımlarında diş başına tatbik edilen paso değerlerinin form yükseldikçe kesit alanın değişmesiyle birlikte artıp azaltılması incelenmiştir. En sağlıklı diş başına paso değerlerinin belirlenebilmesi için bir algoritma geliştirilmiş ve algoritma sonuçlarıyla tasarlanan broş takımındaki yükler incelenmiştir. Bu çalışmada ayrıca broşlama öncesi işleme değerlerinin etkisi de incelenmiştir [8].

E. Ozlu, S. Engin, C. Cook, T. El-Wardany, E. Budak tarafından “Simulation of Broaching Operations for Tool Design Optimization” başlıklı makalede broş takımı tasarımında analitik bir model uygulanarak tasarım parametrelerinin kesme kuvvetinin her bir dişte nasıl değiştiği, gerilim dağılımı, talaş kalınlığı gibi ögelere etkileri analiz edilmiştir [9].

Ayrıca K. Ferhat Çelik, Banu Körbahtı, Murad Kucur [10], Svetlana Lukina, Margarita Krutyakova, and Sergey Ivannikov[11], C. Monday[12], B. Nemyrovskiy et al[13], Riad Ahmad ,Hani Al-Rawashdeh, Ahmad O. Hasan [14], A. Hossein, H. A. Kishawy [7], O Zhed et al [15], Özelkan, E et al [16] and Jing Ni et al [17] tarafından yapılan deneysel metot ve matematiksel modelleme çalışmaları da tez kapsamında incelendi ve çalışma sonuçları göz önünde bulunduruldu.

1.2 Tezin amacı

Broş takımlarının Türk sanayisinde sıklıkla kullanılıyor olmasına karşın bu takımların imalat metotları ve tasarımı konusunda yerli literatür bulmak hayli zordur. Yerli broş takımı üreticileri arasında tecrübeye dayalı tasarım teknikleri algoritmaya dayalı hale getirilip, tasarım aşamaları sistematik hale getirilmelidir.

Bu çalışmada amaç teorik bilinen ve tecrübeye dayalı tasarım kriterlerini ve esaslarını bir araya toplamak, ardından bu tasarım kriterlerini ve esaslarını tecrübeye dayalı olmaktan çıkarıp sistematik bir algoritma silsilesi halinde çalışır duruma getirmektir.

Bunun için önce broş takımı tasarımı yaparken kullanılacak geometrilere dair tespitler yapılacak ve bu geometrilerin hangi boyutlarının tasarım parametreleri olarak kullanılacağına karar verilecektir. Ardından hatve hesabı, talaş haznesi hesabı gibi broş takımının geometrisini tayin eden hesaplama metotları incelenecek ve pratikte doğru sonuçlar veren tasarımlar için hesaplama formülleri birbirine bağlanarak broşlanmak istenen parça geometrisi girdi olarak yazılıma verildiğinde, bu geometriyi üretecek broş takımının geometrisini çıktı olarak üretecek bir yazılım geliştirilmeye çalışılacaktır.

Bu süreçte broş takımı tasarımının dijitalleştirilmeye çalışıldığı önceki çalışmalar incelenecek, bu çalışmalardan derlenecek tecrübeler broş takımı üreten firmalarda

yapılan tasarım metotlarıyla derlenerek ortaya pratikte güzel sonuçlar veren ve bunların gerçek testlerle onaylandığı bir yazılım üretilmesi amaçlanmıştır. Bu süreç içerisinde doğru çıktılarına ulaşabilmek için broş takımlarının çalışma prensiplerini iyice anlamalı, kesici ağız geometrisindeki her bir parametrenin, her ölçünün takım ömrüne ve performansına nasıl etki edeceği iyice kavranmalıdır.

Uzun ömürlü ve yüksek performanslı bir broş takımı tasarlanırken geleneksel olarak geçerli talaş kaldırma kurallarının broşlama prosesinin getirdiği özel şartları karşılayacak şekilde düzenlenmesi gerekir ve bu yapılırken pratikte broş çekme tezgâhından kaynaklanan titreşim, yataklardaki boşluklar, broş takımına radyal yönden gelmesi muhtemel olan kuvvetler gibi etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada ideal olmayan şartların getirdiği olumsuzlukları kompanse edebilmek adına geometrik hesaplamalar yapılırken bazı katsayılar ve eklemeler denklemlere dahil edilecektir. Tasarım akışı netleştirildikten sonra bu akış bir tasarım yazılımına dönüştürülecek, ardından yazılımın farklı tür broş takımlarını tasarlaması sağlanacaktır. Çalışma kapsamında tasarlanmış broş takımları imal edilecek ve broşlama operasyonları yapılarak takımların performansları belirlenecektir.

Çalışma sonucunda yazılımın önerdiği broş takımı geometrisinin istenen yüzey pürüzlülüğünde ve ölçülerde parça üretebilmesi hedeflenmektedir. Eğer bu sağlanamazsa broşlanmış parça geometrisini ideal sonuçlardan uzaklaştıran tasarıma dair formüllerin incelenmesi ve yeni katsayı ve eklemelerle programın yeniden düzenlenmesi ve daha geniş bir aralıkta hesaplama yapabilmesi amaçlanmaktadır.

BROŞ TAKIMLARI VE BROŞLAMA PARAMETRELERİ

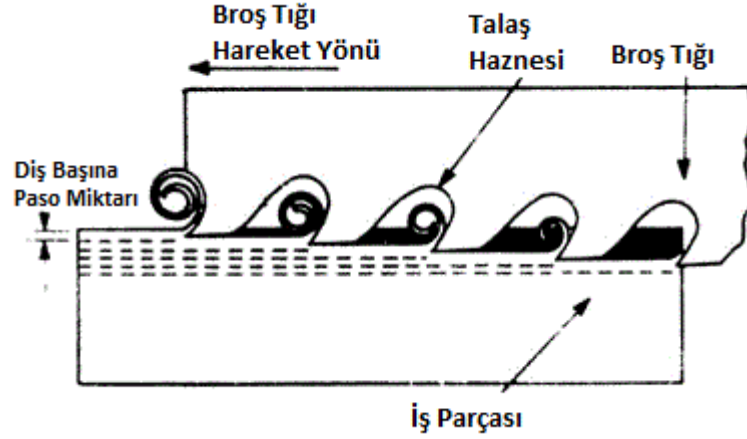
Bu bölümde broş takımının ne işe yaradığından, çalışma prensibinin temel unsurlarından, fonksiyonel bölgelerin görevlerinden, kesici diş formundan, takım modellerinden ve broş çekme tezgahı tiplerinden bahsedilecektir.

Bu ögeler broş takımları ve broşlama operasyonlarında temel değişkenler olup, talaş kaldırma metodunun esaslarını tayin etmektedir.

2.1 Broş takımı çalışma prensibi

Broş takımı, uygun aparat ve makine sistemleri vasıtasıyla, delik içine yahut parça yüzeyine basit veya karmaşık formları seri ve hassas bir şekilde genellikle tek eksende hareket ederek kademeli dişleriyle talaş kaldırmak suretiyle işleyen takımlara verilen isimdir.

Broş takımı hareket yönünde ilerlerken yükselen dişleri iş parçasına dalma yaparak talaş kaldırır ve talaş haznesine doldurduğu talaşı beraberinde sürükleyerek broş takımı dişinin iş parçasını terk ettiği noktada dışarı atar. (Şekil2.1) Bu noktada diş başına belirlenen paso miktarının tayini önemlidir, malzeme cinsine ve toplam yüke göre bu paso ayarlanmalıdır. Aynı zamanda talaş haznesinin hesaplanması da kritik bir öneme sahiptir, çünkü broş takımları aynı anda 3 veya 5 diş parça içerisinde sürüklenerek çalışacak şekilde tasarlanır ve talaş haznesinin hemen arkasındaki kesici dişin iş parçasını terk edene kadar dolmaması gerekir. Örneğin delik içinde çalışan bir broş takımının talaş haznesinin kapasitesinin üzerinde dolması halinde en iyi ihtimalle yüzey bozuklukları ve takım ömründe düşüş, kötü ihtimalle ise broş takımının kesme hareketini tamamlayamadan sıkışarak parçayı patlatması mümkündür.



Şekil 2.1 Broş takımı çalışma prensibi [18]

Dolayısıyla broş takımı işlenecek parçaya özel tasarlanır. Broş tasarımında işlenecek parçanın ölçüsel detayları, malzeme cinsi ve sertliği, ısıl işlem şartları göz önünde bulundurulur. Bütün bu şartlar başta talaş haznesi olmak üzere broş takımının ölçülendirilmesinde esas teşkil edecektir.

2.1.1 Broş takımlarında fonksiyonel bölgeler

Broş takımlarının fonksiyonel bölgelerinden bahsederken yuvarlak bir çekme tip broş takımı üzerinden bilgi vermek faydalı olacaktır. Bu tip broş takımlarının geometrisi genel maksadı tarif etmeye çok uygundur.

Şekil 2.2’de görüleceği üzere tipik bir çekme tip yuvarlak broş takımında ön tutucu bölgesi, kesici dişlerin bulunduğu bölge ve arka tutucu bölgesi bulunur.



Şekil 2.2 Broş takımlarında fonksiyonel bölgeler

Ön tutucu kısım, broş çekme tezgahına broş takımı bağlamak için tutucu kafa ve tutucu tırnak mekanizmasına uygun olarak her broş takımı için özel olarak tasarlanır. Ön tutucu kısmın hemen arkasında yataklama bölgesi bulunur. Bu bölge broş takımı dişlerinin kesmeye başlamasından hemen önce hassas tornalanmış malzemenin broş takımına eksenlenmesi görevini üstlenir.

Kesici dişlerin bulunduğu bölgenin tasarımı çok kritiktir ve tasarım mutlaka bir uzman tarafından yapılmalıdır. Kaba talaş kaldırma bölgesinde hızlı talaş kaldırma işlemi gerçekleşir, malzeme cinsine, broşlama boyuna ve oluşturulacak forma bağlı olarak takıma gelecek yüklerin ve talaş haznesi değerlerinin sağlıklı hesaplanması ve bu hesaba uygun olacak şekilde tasarımılandırma yapılması gerekir.

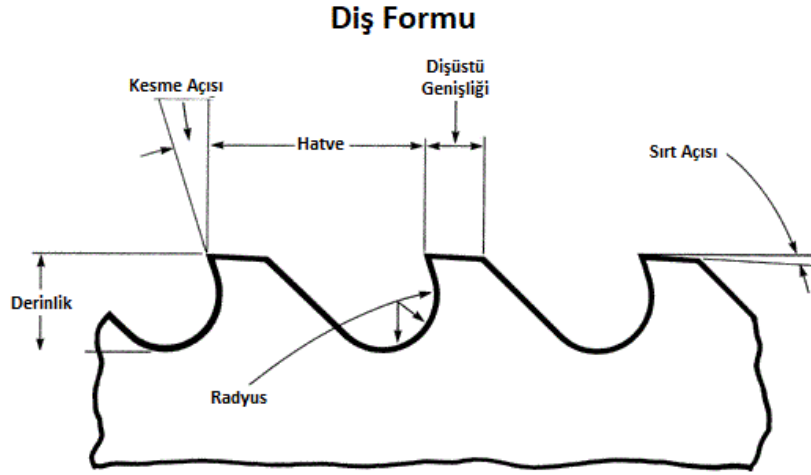
Finiş dişler parça içerisinde oluşması istenen formu düşük pasolarla kesme yaparak yüksek yüzey kalitesi ile oluşturur. Özellikle iç dişli formlarında, fonksiyon üstlenen diş yanak formlarının hassas oluşturulması önemlidir. Diş yanak formları, iç dişlinin kalitesini, ömrünü ve verimini tayin edecektir.

Kalibrasyon dişleri ise broş takımının istenen formda kesme yapmasını garanti altına alır. Periyodik bilemeler sonrası nihai formun bu operasyonlardan etkilenmemesini sağlar.

Arka tutucu bölgesi ise özellikle ağır broşların otomatik olarak tezgâh tutucu mekanizması tarafından yakalanarak havaya kaldırılması için kullanılır. Broş el ile parçaya oturtulup kaldırılacak kadar hafifse arka tutucu kısmına ihtiyaç yoktur.

2.1.2 Broş takımlarında kesici diş formu

Broş takımlarının tasarımında dişlerin formunu tarif eden standartlara uyulması önerilir. Hatve; peş peşe gelen dişlerin kesme ağızlarının arasındaki mesafedir ve DIN 1416 standardında[19] anma değeri olarak hatve değeri kullanılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Broş takımlarında kesici diş formu [8]

Broş takımı tasarlanırken seçilmesi gereken hatve değeri algoritma bölümünde tarif edilecektir. Kesme açısı ortalama malzemelerde 14 derece olarak tayin edilir ve sünek malzemelerde bu değer 7 derecelere kadar düşebilir, broş dişlerinin parçaya daha iyi dalması istenen durumlarda da 20 dereceye kadar yükseltilebilir. Bu değer tayin edilmesinde herhangi bir hesaplama metodu henüz yoktur, deneme yanılma çalışmaları sonucu bu değerler uygulanmaktadır. Bu konuda ulaşılabilen TÜBİTAK bünyesinde Bilgi Profili No.51 Broş (Tıg) Hesabı (Tablo 2.1) isimli dokümanda Tablo 3'te malzeme cinsine göre kesme açıları ile ilgili öngörüler verilmiştir.

Tablo 2.1 Malzeme cinsine göre kesme açıları [20]

Malzeme	Kesme Açısı (°)	Kesme Hızı (m/min)
Çelik, sert-sünek	10-12	4-8
Çelik, orta sertlik	14-18	3-6
Çelik döküm	10	3-7
Temper döküm	7	3-7
Pik döküm, yumuşak	10	4
Pik döküm, sert	5-8	8
Pirinç, yumuşak	10	5-10
Çinko-pres döküm	12 - x	-
Bronz döküm	8	5-10
Kurşun bronz, beyaz metal	2	5-10
Alüminyum, pres döküm	20 - x	8-10
Alüminyum, bakırlı	15	8-10
Alüminyum, döküm silisyum	12 - x	8-10
Plastik, enjekte edilmiş	5-15	3-6

x: Talaş haznesi özellikle parlatılmış

Derinlik ve diş üstü genişliklerinin standarttaki karşılıkları, her bir dişin kaldırdığı talaş hacmi, talaş haznesinde birikeceği için bu hazneyi zorlamayacak şekilde tayin edilmiştir. Çünkü broşlama esnasında parçadan talaş kaldıran broş diş sayısı 3 ile 6 arasında değişebilir, dolayısıyla aynı anda birden fazla diş parçaya temas ettiği için talaşın içeride yuvarlanması ve talaş haznesi hacminden daha büyük olmaması gerekir. Dip radyüsleri bu yuvarlanmayı sağlar ve dişe rijitlik kazandırır. Sırt açısı ise dişlerin genelinde 2 derece, kalibre dişlerde ise 1 derece olarak tayin edilir ve kesme yapan ağzın arkasının parça yüzeyine temas ederek sıvama yapmasını önler.

Aynı zamanda broşlama hızı da malzeme cinsi ve sertliğine göre seçilmelidir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Malzeme cinsine göre broşlama hızları [21]

Broşlanan Malzeme		Sertlik	Kesme Hızı	İlerleme Hızı	Takım Malzemesi	
		HBR	m/dk	mm/diş	ISO	AISI
Otomat Çelikler	Düşük Karbonlu	100-150	11	0,1	S4-S2	M2-M7
		150-200	9	0,08	S4-S2	M2-M7
	Orta Karbonlu	175-225	7,5	0,075	S4-S2	M2-M7
		325-375	5	0,05	S9-S11	T15-T42
	Düşük Karbonlu	100-150	12	0,15	S4-S2	M2-M7
		200-250	11	0,075	S4-S2	M2-M7
Karbonlu Çelikler	Düşük Karbonlu	85-125	9	0,1	S4-S3	M2-M8
		225-275	5	0,075	S4-S4	M2-M9
	Orta Karbonlu	125-275	7,5	0,075	S4-S5	M2-M7
		325-375	3	0,05	S9-S11	T15-T42
Alaşımli Çelikler	Düşük Karbonlu	125-175	7,5	0,075	S4-S2	M2-M7
		325-375	3	0,05	S9-S11	T15-T42
	Orta Karbonlu	175-225	6	0,1	S4-S2	M2-M7
		325-375	3	0,05	S9-S11	T15-T42
	Yüksek Karbonlu	175-225	6	0,1	S4-S2	M2-M7
		325-375	3	0,05	S9-S11	T15-T42
Paslanmaz Çelikler	Ferritik	135-185	6	0,075	S4-S2	M2-M7
		225-275	5	0,075	S9-S11	T15-T42
	Martenzitik	135-175	7,5	0,01	S4-S2	M2-M7
		275-325	5	0,05	S9-S11	T15-T42

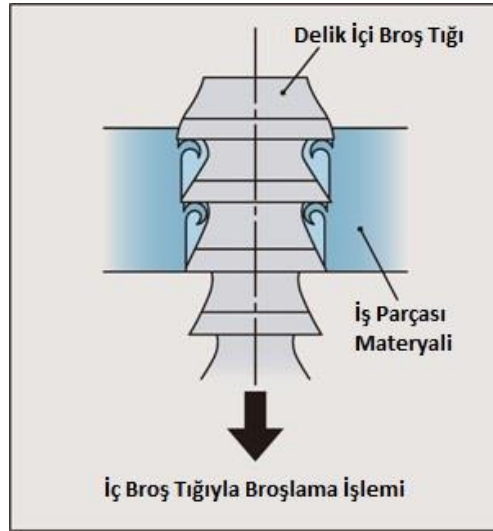
2.2 Broş takımı modelleri

Broş takımları kabaca delik içi broş takımları ve yüzey broş takımları olarak iki ana grupta incelenebilir.

2.2.1 Delik içi broş takımları

Delik içi broş takımı modellerinde broş takımının ön şaft bölgesinde sağlıklı bir yataklama yapılabilmesi için broşlama öncesi form, parça iç bölgesine uygun hassas bir şekilde işlenmelidir. Şekil 2.4’de gösterildiği gibi delik içi broş takımları kullanılırken delikleri hazırlanmış parçalar önce tezgâh tablasına yerleştirilir, ardından broş takımı ön şaftına kadar parçaya oturur ve alt yakalama mekanizması broş takımını çekmeye başladığında parça iç yüzeyinde talaş kaldırma hareketi başlar ve arzulanan form parça iç yüzeyinde oluşur. Broş takımı tamamen parçadan kurtulduktan sonra parça tabladan alınır, broş takımı başlangıç

noktasına getirilir. Elle veya mekanik tutucu sistemiyle broş takımı havaya kaldırılır ve bir sonraki parça tezgâh tablasına yerleştirilir. Delik içi broş takımı modellerinde eğer parça deliği broş ön şaftından küçükse parça geçmeye kesinlikle zorlanmamalıdır, bu broş takımı ön şaftında darbe ve eziklere sebep olabilir ve ilerleyen proses süreçlerinde daha zorlu problemlere yol açabilir. Aynı şekilde parça deliğinin broş takımı ön şaftından çok büyük olması da istenmez, bu broş takımının parçayı tam merkezden yakalayamamasına sebep olabilir. Kesme kuvvetinin bir yana doğru artması sebebiyle broş takımı parçada koparmalar yapabilir ve bu sürekli bir durum haline gelirse broş takımının bir yüzeyi daha hızlı körelebilir ve bu da broş takımının sürekli bir yöne doğru dalma yapacağı anlamına gelir.



Şekil 2.4 Delik içi broş takımıyla broşlama işlemi [22]

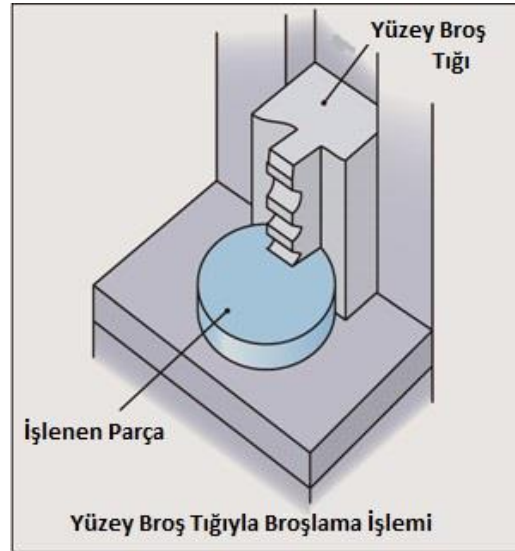
Bazı delik içi broş takımı modelleri şu şekildedir; evolvent profil broşlar, kamalı mil broşlar, delik kalibre broşlar, özel profilli delik içi broşlar, trapez profil broşlar, slot form broşlar, üçgen form broşlar, kare form broşlar, dikdörtgen form broşlar, altıgen form broşlar, sekizgen form broşlar, “D” form broşlar, kama kanalı broşları

2.2.2 Yüzey broş takımları

Yüzey broş takımları parçanın içine değil, dış yüzeyine form vermede kullanılır. Broş öncesi ölçüler belirlenmelidir ve broş takımının ön şaft kısmına uygun olacak

şekilde broşlanacak malzemeler işlenmelidir. Eğer bu mümkün değilse, örneğin parça döküm veya dövme gibi proseslerden çıkıyorsa ve bu ölçüler çok stabil değilse, broş takımı tasarlanırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır ve parçalar arasında çıkması muhtemel en büyük ölçüleri karşılayacak şekilde ön şaft tayin edilmelidir. Yüzey broş takımları kullanılırken genelde parça yuvasının hareketli ve ayarlanabilir olması istenir, bu sayede ilk broşlama sonucu çıkan parça ölçüleri incelenir ve kaçıklıklar parçanın yerleştirildiği aparatın kaydırılmasıyla telafi edilebilir.

Yüzey broş takımları Şekil 2.5’de gösterildiği gibi broş çekme tezgahının hareketli tablasına bağlanır ve bir fiksür yardımıyla sabitlenmiş parça üzerinden hareket ederek yüzey profili şeklini talaş kaldırmak suretiyle parçaya aktarır.



Şekil 2.5 Yüzey broş takımıyla broşlama işlemi [23]

Bazı yüzey broş takımı modelleri şunlardır; dış kama kanallı broşları, kremayer broşları, kilit barel broşları, özel form broşlar, pense ve el aletleri broşları.

2.3 Çalışma kapsamında kullanılacak broş takımı modelleri ve gerekçeleri

Bu çalışma kapsamında üç ayrı broş takımı modeli incelenecektir. Bunlar sırasıyla delik içi yuvarlak broş takımları, delik içi kama broş takımları ve yüzey profil broş takımlarıdır.

Delik içi yuvarlak broş takımları piyasa şartlarında en çok kullanılan broş takımı tipi olmasından dolayı tercih edilmiştir. Ülkemizde bütün broş takımlarını adetsel olarak listeleyecek olursak delik içi yuvarlak broş takımları toplamın içerisinde yaklaşık %70'lik bir orana sahiptir. Çünkü özellikle iç evolvent ve iç trapez dişli formu işlemede en zahmetsiz ve maliyetsiz yöntem broşlamadır. Diğer tip broş takımlarının kaldırdığı talaş formlarında alternatif metotlar uygulamak mümkündür, dolayısıyla üretim metotlarını çeşitlendirmek istemeyen işletmeler broşlama metodundan uzak durmayı tercih edebilir. Ancak delik içi dişli formlarında broşlama harici metotlar daha yüksek yatırımlar ve çok rijit makineler gerektirmektedir, bu da broşlama metodunu ucuz, seri ve ulaşılabilir olması sebebiyle ön plana çıkarır.

Bir diğer incelenecek model delik içi kama broş takımlarıdır. Bu broş takımları da ülkemizde yaygın olarak kullanılır, birçok aktarma organı kama tahrikli olduğu için kama broş takımlarına rağbet yüksektir. Örneğin rulman, redüktör ve pompa üreticileri parça üretim adetleri düşük iken kama açma tezgâhlarında işlem yaparken üretim adetlerinin yükselmesiyle broşlama tekniğini kullanmaya başlar. Hız ve hassasiyet olanağı kama broş takımlarını avantajlı bir imalat prosesi haline getirir.

Bir diğer incelenecek model de yüzey profil broş takımlarıdır. Özellikle pense, karga burun, boru anahtarı gibi el aletleri üreticileriyle, el freni circırı ve karşı parçası gibi otomotiv sektöründeki üreticiler, bu karmaşık formun yüzeye işlenmesinde yine hızlı imalat ve hassasiyet gibi sebeplerden dolayı broşlama tekniğini tercih eder. Karmaşık bir formun geleneksel metotlarla takım hareketiyle talaş kaldırılmasında form hassasiyetini olumsuz etkileyen etmenler vardır ve

broşlama tekniğinde arzulanan formu oluşturan kesici dişler tek ekseninde hareket ettiği için form hassasiyeti sağlanabilmektedir.

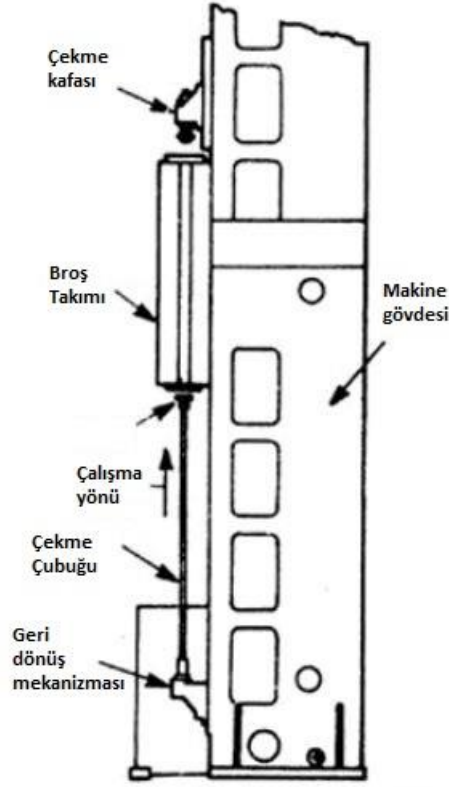
2.4 Broş çekme tezgâhları

Broşlama tezgâhları için genel bir tasnif yoktur ancak kabaca dikey broş çekme tezgâhları, yatay broş çekme tezgâhları ve konveyör tip sürekli broşlama tezgâhları olarak üçe ayrılabilirler.

2.4.1 Dikey broş çekme tezgâhları

Dikey broş çekme tezgâhlarında broş takımı hidrolik veya elektromekanik sistemler vasıtasıyla Z ekseninde hareket eder. Tezgâh ana tablasına yerleştirilen parça ihtiyaca göre mekanik veya hidrolik sistemlerle tablaya sabitlenir ve broş takımı genellikle yukarıdan aşağıya doğru ilerleyerek kesme hareketini gerçekleştirir. Broş takımının sabit, parçanın aşağıdan yukarıya doğru hareket ettiği hareketli tablalı modeller de yaygın olmamakla birlikte mevcuttur.

Broş takımının hareketli olduğu modellerde parçaya geçen broş takımının alt tutucu kısmı broş çekme tezgâhının alt tutucu mekanizması tarafından yakalanır. Şekil 2.6'da gösterildiği gibi broş takımı yüksek kuvvetlerle aşağıya doğru çekilir ve tabla üzerinde sabit kalan parça içerisinde ilerleyen broş takımı, istenen formu parça üzerine işler.



Şekil 2.6 Dikey bir broş çekme tezgâhı [24]

Bu tezgâhlarda delik içi veya yüzey broş takımları kullanılabilir. Bazı tezgâhlarda aynı anda 2 ya da 3 parça yan yana dizilerek ve parça adedince broş takımı kullanılarak broşlama yapmak mümkündür. Strokunu tamamlayan ve parçadan kurtulan broş takımı tezgâh alt bölgesinde bekler. Operatör broşlanmış parçayı tabladan alır ve broş takımını tekrar yukarıya gönderir.



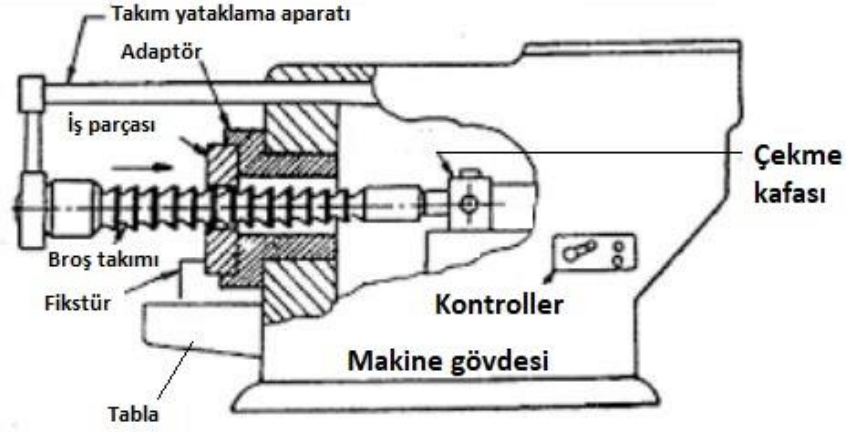
Şekil 2.7 Büyük çaplı bir broş takımının broş çekme tezgâhı üzerine konumlanması ve üst tutucu mekanizması [25]

Eğer broş takımı ağırsa veya otomasyon amaçlı üst tutucu kısım kullanılıyorsa, yukarı çıkan broş takımı üst tutucu kısmından yakalanır ve havaya kaldırılır (Şekil 2.7). Bu esnada tablaya yeni bir parça yüklenir ve broş takımı tekrar aşağıya indirilerek proses tekrarlanır.

2.4.2 Yatay broş çekme tezgâhları

Broş çekme tezgâhlarının ilk modellerinden olan yatay broş çekme tezgâhları giderek kullanımdan kalkmaktadırlar. Dikey broş çekme tezgâhları için belli bir yükseklik gerekir ve atölye şartlarının buna müsait olmadığı durumlarda yatay broş çekme tezgâhları tercih edilir. Yerçekimi etkisiyle broş takımını esnemeye müsait hale getirmesi sebebiyle çok hassas broşlama operasyonlarında kullanılamazlar. Ancak hassas olmayan kama yuvası açma proseslerinde kullanıldığı görülmektedir.

Ağır broş takımları bu tip tezgâhlarda yerleştirme ve esneme problemleri sebebiyle kullanılamazlar.

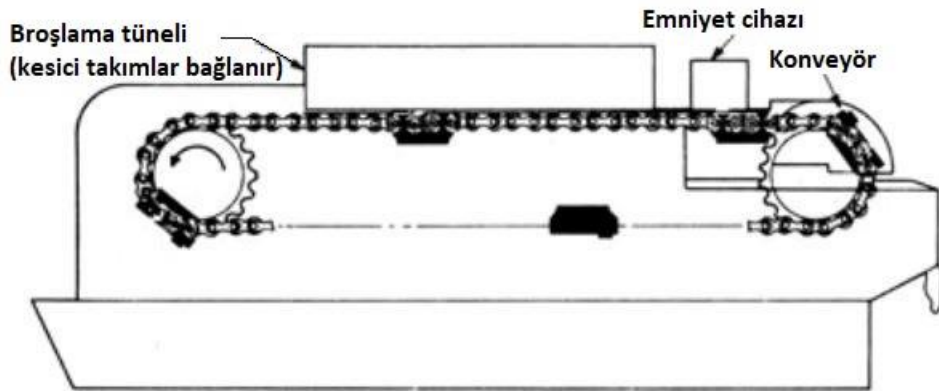


Şekil 2.8 Yatay broş çekme tezgâhlarının şematik gösterimi [26]

Şekil 2.8’de gösterildiği gibi parça sabitleme tablasına yatay olarak yerleştirilen parçalar yine dikey broş çekme tezgâhlarında olduğu gibi özel bir mekanizma tarafından yakalanarak çekilen broş takımlarıyla işlenir.

2.4.3 Konveyör tip broş çekme tezgâhları

Konveyör tip broş çekme tezgâhlarında broş takımları sabittir ve parçalar yüksek sıkma kuvvetleriyle bağlanmış bir konveyör mekanizmasında ilerlerler (Şekil 2.9). Bu tezgâhlar özellikle broşlama adetlerinin çok fazla olduğu durumlarda tercih edilirler.



Şekil 2.9 Konveyör tip broş çekme tezgâhlarının şematik gösterimi [27]

Parçalar tek sıra veya birden çok sıra halinde ilerleyebilirler. Buna uygun broş takımları doğru pozisyonlara yerleştirilirler. Ayarlama süresi uzun olduğundan ve parça sabitleme aparatlarının pozisyonlarının konumları hassas olduğundan düşük adetli operasyonlarda pek tercih edilmezler.

BROŞ TAKIMLARININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIMI

Bu kısımda broş takımlarının tasarım parametreleri ele alınarak klasik broş takımı tasarımında kullanılan formüller ve izlenen metotlardan bahsedilecek, hemen ardından bu formüllerin yazılımda nasıl kullanıldığı ve klasik tasarıma göre yazılımda hesaplamanın nasıl yapıldığı farklar belirtilerek verilecektir.

Klasik broş takımı tasarımında takım geometrisinin herhangi bir kısmını tarif eden bir formülün çıktısı diğer bir formülün girdisi olduğu için tasarımcı tecrübesine dayanarak takım ömrünü artırmak, kesme performansını iyileştirmek ya da takım kırılması ihtimalini azaltmak için geometri üzerinde bazı değerleri değiştirerek optimizasyon yoluna gitmektedir. Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan yazılımda bir yandan klasik metot ve formüller takip edilirken bir yandan da sinamalar yapılarak yuvarlamalar ve optimizasyon kararlarından bahsedilecektir.

Sırasıyla delik içi yuvarlak broş takımları, delik içi kama broş takımları ve yüzey profil broş takımlarının tasarım süreçleri ele alınacaktır.

3.1 Delik içi yuvarlak broş takımları

Yuvarlak broş takımlarının tamamı delik içinde kullanılır, dolayısıyla broşlama öncesi broş takımına uygun bir delik formu parçada işlenmiş olmalıdır. Parçada eşeksenlilik önemliyse parça deliğinin tornalanması esnasında dış çap unsurlarıyla delik ekseninin eşeksenli oluşturulmasına dikkat edilmelidir. Çünkü broş takımı aparat veya fikstürleme sayesinde eşeksenlilik hatalarını gideremez, mevcut parça deliğine uyarak ilerler.

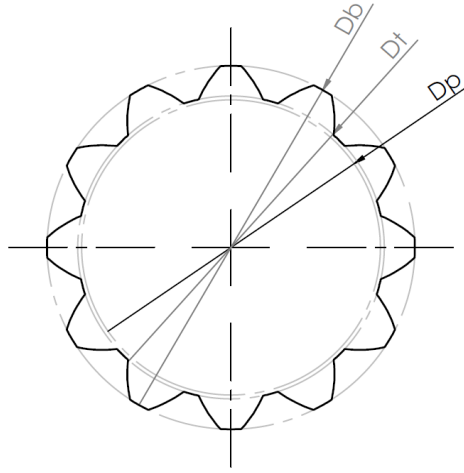
Parça broş çekme tezgâhına yerleştirildiğinde, broş takımı ön sapı bu bölgeden geçer ve ön shaft bölgesi bu bölgede yataklanır. Böylece broş takımının ilk kesme yapan dişi parçaya dik bir şekilde ilerleyebilecektir ve broşlama formu parçanın tezgâha oturduğu yüzeye dik olacak şekilde işlenebilecektir.

Yuvarlak broş takımlarının tasarımında hedeflenen geometrinin diş üstü ve diş dibi çapı girdi olarak kullanılır ve malzeme cinsine göre ortalama paso, broşlama boyuna göre de broş takımının hatvesi hesaplanır.

Bu tasarım işleyiş mantığında klasik tasarımda yapılabilen seçeneklerden bahsedilirken yazılımda karar mekanizmasının nasıl işlediği ifade edilmiştir.

3.1.1 İşlenecek parça verileri

Klasik tasarımda öncelikle işlenmek istenen diş üstü çapı (D_b) ve diş dibi çapı (D_t) tespit edilir (Şekil 3.1), bununla birlikte diş dibi çapı kalibrasyon durumuna karar verilir.



Şekil 3.1 Diş üstü, diş dibi ve broş öncesi çaplar

Eğer ortalama bir hassasiyet varsa önden kalibreli broş tıgı tasarlanmalıdır. Bu broşların ilk kesmeye başlayan dişleri önce parçayı broş öncesi delik çapından diş dibi çapına kadar keserek büyütür ve diş dibi çapını “kalibre” etmiş olur. Ardından gelen dişler üzerinde arzulanan profil taşlanarak broş takımına işlenmiştir ve yükselen dişler oluşturulmak istenen dişlinin yanaklarını ve en nihayetinde diş üstü çapını keserek oluşturur.

Bir diğer seçenek arkadan kalibreli broştur. Bu broş takımlarında diş dibi çapını kalibre eden dişler diş üstü çapını kalibre eden dişlerle peş peşe yerleştirilir. Bir diş dibi kalibre eden dişin ardından diş üstü kalibre dişi ve ardından yeniden diş

dibi kalibre eden diş şeklinde peş peşe dizilen bu dişler sayesinde diş üştü çapı ile diş dibi çapının arasında yüksek hassasiyette “eş merkezlılık” istenen formlar yakalanabilir.

Broş ncesi çap değeri klasik tasarımıda minör çap değerinden 0,2 veya 0,3 küçük olarak tecrübeye dayalı tespit edilirken yazılım aşağıdaki sınamalarla bir değer önerir. Eğer broşun kullanılacağı parçalarda n delik hassas tornalanamıyorsa, ölçüsel değişkenlikler olması muhtemelse, bu değişkenlikleri karşılayacak şekilde daha küçük bir broş öncesi delik çapı tanımlanabilir.

Yazılımda aşağıdaki formüller kullanılır;

Eğer $D_b(\text{Diş üştü çapı}) > 60 \text{ mm}$ ise;

$$D_p^*(\text{önerilen broş öncesi delik apı}) = D_b - 0,3 \quad (3.1)$$

Eğer $60 > D_b \geq 30$ ise;

$$D_p^* = D_b - 0,25 \quad (3.2)$$

Eğer $D_b < 30 \text{ mm}$ ise;

$$D_p^* = D_b - 0,2 \quad (3.3)$$

D_p broş öncesi delik çapı anlamında kullanılırken, D_p^* yazılımın önerdiği broş öncesi delik çapı anlamına gelmektedir. Bu değerin tespit edilmesi için yazılıma öncelikle diş üştü ve diş dibi çap değerleri girilmeli ve kalibre durumu yazılımda belirtilmelidir (şekil 3.2).

I. İşlenecek Parça Dataları

Diş Üstü Çapı:

Diş Dibi Çapı:

Diş Dibi Çapı kalibre edilecek mi?

Hesapla & Devam Et

Seçilen Broş Öncesi Çap: Önerilen Broş Öncesi Çap:

Parça Boyu:

Broşlama Boyu:

Malzeme Cinsi:

Hesapla & Devam Et >>> Diş Sayısı ve Hatve Seçimi

Şekil 3.2 Yazılımda işlenecek parça dataları bölümü

Bunun ardından klasik tasarımda parça boyu ve broşlama boyu tespit edilir. Bu değerler üzerinden hatve hesaplanacaktır. Parça boyu broşlamanın başlayacağı yüzeyden broş çekme tezgâhı tablası yüzeyine olan mesafedir ve bu ölçü sap boyunun tayininde kritik öneme sahiptir. Bazı durumlarda parçanın iç çapı broş takımının temas etmeyeceği çap unsurlarına sahip olabilir ve broşlama boyu parça boyundan kısa olabilir. Bu sebeple bu iki değer ayrı ayrı irdelenmelidir.

Klasik tasarımda malzeme cinsine göre ortalama paso tayin edilir (Tablo 3.1) ve diş sayısı ve hatve seçimine geçilir.

Yazılımda ise broş öncesi çap değeri önerilir ve karşısında bu değerin seçilmesi istenir (Şekil 3.2). Parça boyu ve broşlama boyu seçildikten sonra program veri tabanına tanımlanan bir liste açılır ve bu listeden bir malzeme cinsi seçilir. Bu seçenek dış başına önerilen ortalama pasoyu belirleyecektir ve bu belirleme aşağıdaki tablo üzerinden yapılır (Tablo 3.1). Programa daha fazla malzeme çeşidi için ekleme yapmak mümkündür.

Tablo 3.1 Malzeme cinsine göre ortalama paso çizelgesi

Malzeme	Ortalama Normal Paso	Arkadan Kalibre Ortalama Paso
1040	0,08	0,06
1050	0,08	0,06
8620	0,08	0,06
CK45	0,08	0,06
Ham 4140	0,07	0,05
İslahlı 4140	0,06	0,04
Paslanmaz	0,06	0,04
Alüminyum	0,09	1
Bronz	0,09	1

Bu seçimin ardından diş sayısı ve hatve seçimi bölümü ile devam edilir.

3.1.2 Diş sayısı ve hatve seçimi

Klasik tasarımda hatve değeri,

$$t = (3,5 \cdot \sqrt{(H_o \cdot L_b \cdot 4,5)}) \quad (3.4)$$

formülüyle tespit edilir, ancak çıkan sonucun anma değerlerine yuvarlanması tasarımcının tecrübesiyle ilişkilidir.

t: Hatve (mm)

H_o: Ortalama paso (mm – çapta)

L_b: Broşlama Boyu (mm)

Yazılım ise daha detaylı sınamalar yaparak hatve değeri önerir.

II. Diş Sayısı ve Hatve Seçimi

Profilden kaldırılacak paso miktarı:	2	Önerilen hatve:	5
Delik kalibreden kaldırılacak paso miktarı:	0.5		
Toplam kaldırılacak paso miktarı:	2.5		
Önerilen ortalama paso:	0.06		
Seçilen hatve:	5		
Seçilen önden kalibre diş sayısı:	23	Önerilen önden kalibre diş sayısı:	23
Seçilen önden kalibre yedek diş sayısı:	4	Önerilen önden kalibre yedek diş sayısı:	4
Seçilen profil diş sayısı:	35	Önerilen profil diş sayısı:	35
Seçilen profil yedek diş sayısı:	4	Önerilen profil yedek diş sayısı:	4
Hesapla			
Hesaplanan toplam diş sayısı:	66	Önerilen toplam diş sayısı:	66
Hesaplanan kesici diş boyu:	325	Önerilen kesici diş boyu:	325
Hesapla & Devam Et >>> Ön ve Arka Tutucu Seçimi			

Şekil 3.3 Yazılımda diş sayısı ve hatve seçimi bölümü

Yazılım tarafında bu kısımda sağ tarafta yazılımın önerdiği değerler yer alırken sol taraftaki kutuların kullanıcı tarafından doldurulması istenir (Şekil 3.3).

Broş takımı tasarımında direkt ideal tasarımlar yapılmasının önüne geçen bazı sebepler vardır. Bunlardan bazıları, broş takımının maliyetini düşürmek, broş takımının kullanılacağı tezgâhta yeterli strok bulunmaması, standart çevrim süresinin kısaltılması için daha kısa bir broş takımı tasarlamak gibi nedenler olabilir. Veya strok daha uzun bir broş takımına müsaade ediyor olabilir ve broş

kullanıcısı firma, parçalarında zaman zaman ısıtma işlemi sırasında sertlik ölçülerinde dalgalanma yaşıyor olabilir, bu durumda diş başına gelen yükleri azaltmak amacıyla toplam pasonun daha çok sayıda dişe dağıtıldığı idealden daha uzun bir broş takımı tasarlanabilir. Bütün bu durumlar göz önüne alındığından, yazılım önerilen değerleri verir ve kullanıcıdan tercih ettiği değeri ister. Bu ideal değerlerden esnemelerin nasıl sakıncalar oluşturabileceği, seçimler tamamlandıktan sonra analiz edilerek kullanıcıya bildirilir.

Klasik tasarımda toplam kaldırılacak paso miktarı ortalama pasoya bölünerek diş sayısı tespit edilirken yazılımda farklı bölgelerden kaldırılacak paso miktarları, diş başına önerilen ortalama paso, önerilen hatve, önerilen diş sayıları ve önerilen yedek diş sayıları hesaplanır ve kullanıcıya sunulur.

Eğer diş dibi kalibre edilmeyecekse veya broş önden kalibreli ise;

$$H_a = D_b - D_t \quad (3.5)$$

Eğer diş dibi kalibre edilecekse ve bu bir arkadan kalibreli broş ise;

$$H_a = D_b - D_p \quad (3.6)$$

$$H_b = D_t - D_p \quad (3.7)$$

H_a : Profilden kaldırılacak paso miktarı (çapta - mm)

H_b : Delik kalibreden kaldırılacak paso miktarı (çapta - mm)

D_t : Diş dibi çapı (mm)

Eğer diş dibi çapı kalibre edilmeyecekse;

$$\text{Toplam kaldırılacak paso miktarı} = (3.5)$$

Eğer önden kalibreli veya arkadan kalibreli broş tasarlanıyorsa;

$$\text{Toplam kaldırılacak paso miktarı} = (3.6) + (3.7)$$

Yazılımda önerilen hatvenin tespitinde öncelikli olarak üç adet sına yapılır.

$$\text{Sınama A} \rightarrow D_b > 50\text{mm} \text{ ise } A=1, \text{ değilse } A=0 \quad (3.8)$$

$$\text{Sınama B} \rightarrow Lb / ((3,5 * \sqrt{(Ho * Lb^{4,5})})) > 5 \text{ ise } B=1, \text{ de\u011filse } B=0 \quad (3.9)$$

$$\text{Sınama C} \rightarrow Lb / ((3,5 * \sqrt{(Ho * Lb^{4,5})})) > 8 \text{ ise } C=1, \text{ de\u011filse } C=0 \quad (3.10)$$

t*: \u00d6nerilen hatve

Bu s\u0131nama sonu\u00e7larına g\u00f6re;

1. S\u0131nama,

A=0 ve B=1 ise;

$$t^* = \text{A\u015a\u011e\u0130YA YUVARLA } (Lb/6,5) \quad (3.11)$$

2. S\u0131nama,

A=0 ve B=0 ise;

$$t^* = \text{YUKARIYA YUVARLA } (3,5 * \sqrt{(Ho * Lb^{4,5})}) \quad (3.12)$$

3. S\u0131nama,

A=1 ve C=1 ise;

$$t^* = \text{A\u015a\u011e\u0130YA YUVARLA } (Lb/7,5) \quad (3.13)$$

4. S\u0131nama,

A=1 ve C=0 ise;

$$t^* = \text{YUKARIYA YUVARLA } (3,5 * \sqrt{(Ho * Lb^{4,5})}) \quad (3.14)$$

S\u0131namaları yapılır. Bu d\u00f6rt s\u0131nama yukarıda belirtilen sırayla yukarıdan a\u015a\u011f\u0131ya do\u011fru yapılır ve ilk sa\u011flanana \u015fartın form\u00fcl\u00fc uygulanır.

\u00d6nerilen hatve program ara y\u00fcz\u00fcnde belirtilir ve buna g\u00f6re bir hatve de\u011feri se\u00e7ilir. \u00d6nerilen de\u011ferden farklı bir hatve se\u00e7ilmesi bro\u015fta tırlamalara veya takıma a\u015fırı y\u00fck gelmesiyle bro\u015f takımında kırılmaya sebep olabilir. Bu kuvvet de\u011fi\u015fimlerinin sakıncaları analiz kısmında belirtilecektir.

Klasik tasarımımda \u00f6nden kalibre di\u015f sayısı basit\u00e7e bro\u015flama \u00f6ncesi torna \u00e7ap de\u011feri ile min\u00f6r \u00e7ap de\u011feri arasından farkın di\u015f ba\u015fına pasoya b\u00f6l\u00fcnmesiyle elde edilir.

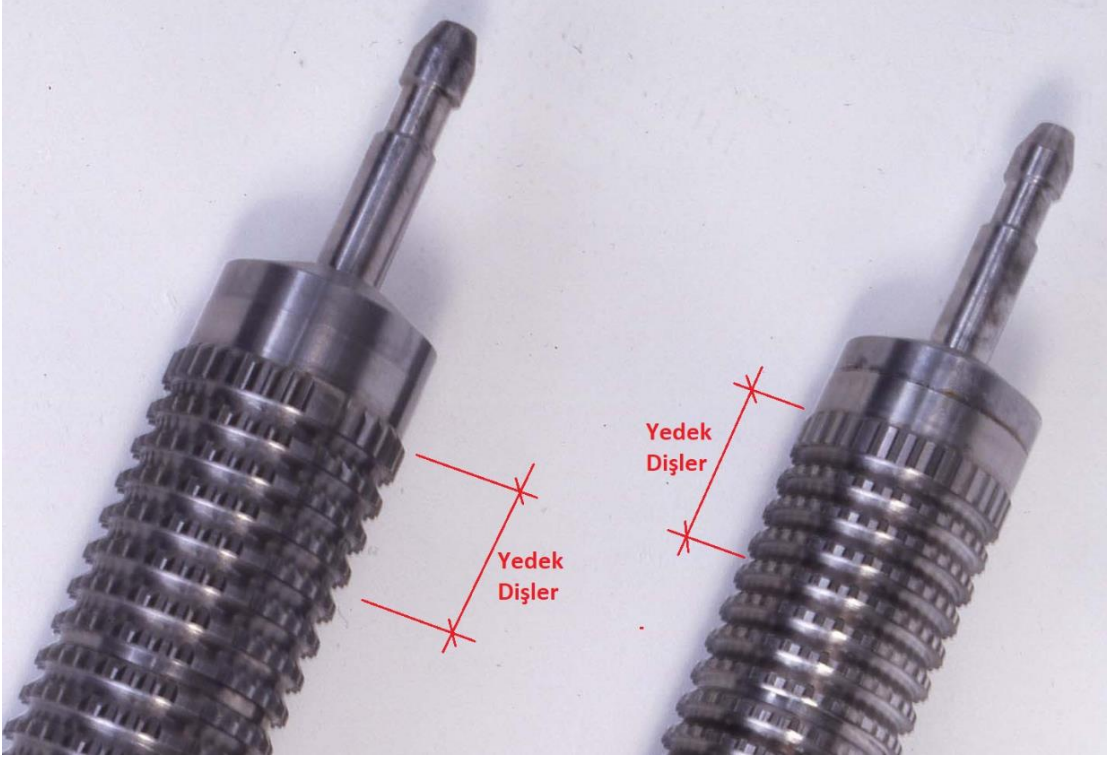
Yazılım tarafında ise eğer I. İşlenecek Parça Verileri kısmında diş dibi kalibre edilmeyeceği seçildiyse program “Önerilen profil diş sayısı” kısmıyla devam edecektir. Eğer kalibre sorusunda “Önden kalibreli broş” seçeneği seçilirse, bu kısımda “Önerilen önden kalibre diş sayısı” değeri verilecektir.

$$Hb = Dt - Dp \quad (3.15)$$

$$Nb * (\text{Önerilen önden kalibre diş sayısı}) = \text{YUVARLA } (Hb / 0,062) \quad (3.16)$$

Burada yuvarlama fonksiyonu virgülden sonraki hanelerin silinerek sonucun 1'in katı olarak yuvarlanması anlamına gelmektedir.

Önerilen önden kalibre yedek diş sayısı değeri yazılımda standart olarak 4 adettir. Klasik tasarımda bu değer tecrübeye göre seçilir. Bu dişlerde paso miktarında yükselme olmaz ve bir önceki dişin çapına eşittir. Broş dişleri üzerinde Şekil 2.3'de belirtilen sırt açısı değeri sebebiyle her körelme sonrası bilemede mikron bazında diş çapları düşer. Bu yedek dişlerin görevi broş dişlerinin bu çap düşmesinden etkilenmeden kesmeye devam etmesidir. Bu sebepten bu dişlere kalibre yedek dişleri denir ve broş takımı ömrünü tamamlayana kadar parça üzerinde istenen ölçülerin çıkmasını sağlar (Şekil 3.4). Önerilen sayının 4 olması tecrübelerle dayanmaktadır ve broş takımının bilendikçe azalan diş genişliği ölçüsünün, broş takımı görev yapamaz hale gelinceye kadar 4 dişin yeterli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sayının 4'ten az seçilmesi durumunda broş bilendikçe kalibre edilmek istenen bölgenin arzulanandan daha küçük çıkmasına sebep olabilir. Yine bu sayının 4'ten fazla seçilmesi durumunda broş takımının ömrünü tamamladığında kalibre yedek dişlerin artacağı ve bunun gereksiz bir maliyet olduğu gözlemlenebilir.



Şekil 3.4 Yedek dişlerin broş takımı üzerinde gösterimi

Yazılımda eğer kalibre seçimi kısmında “Arkadan kalibreli broş” seçeneği seçilirse, bu kısımda “Arkadan kalibre bölgesi önerilen 1. hatve” ve “Arkadan kalibre bölgesi önerilen 2. hatve” değeri verilecektir.

Arkadan kalibreli broş takımlarından I. İşlenecek Parça Verileri kısmında bahsedilmiştir. Eş merkezliliği sağlamak için peş peşe dizilen bu dişlerde bir talaş haznesi problemi meydana gelir. Genelde diş üstü çapı ile diş dibi çapı arasında 3-4 mm lik bir çap ölçüsü farklılığı olur. Arkadan kalibreli broşlarda bir diş üstünden bir diş dibinden talaş kaldırması istenen dişler aynı formda peş peşe dizilirse, küçük çapta yer alan dişin talaş haznesinin talaş tutma kabiliyeti azalacaktır. Çünkü peşinden gelen diş yüksekte kalacaktır ve 40 derecelik arka aç küçük dişin talaş haznesi kısmında yer alarak bu alanın hacmini düşürecektir. Bunun önüne geçebilmek için arkadan kalibreli broşlarda, arkadan kalibre bölgesindeki hatveler;

$$ta1 * (\text{Arkadan kalibre bölgesi önerilen 1. hatve}(\text{mm})) = t \text{ (Önerilen hatve)} - 1 \quad (3.17)$$

$$ta2*(Arkadan kalibre bölgesi önerilen 2. hatve(mm)) = t + 1 \quad (3.18)$$

şeklinde imal edilmesi önerilir. Bu yazılımda da klasik tasarımda da aynı şekildedir. Bu şekilde dizilen dişler birbirinin talaş haznesine etki etmeyecek ve sağlıklı bir talaş birikimi sağlanacaktır.

Ayrıca yazılımda kalibre sorusunda “Arkadan kalibreli broş” seçeneği seçildiğinde “Önerilen arkadan kalibre diş sayısı” değeri de ekranda görüntülenecektir. Bu değer hesaplanmasında arkadan kalibre önerilen paso değerine (Hoa) denirse, Tablo 3.1’den seçilmiş malzemenin karşılığındaki ortalama paso değeri alınır ve aşağıdaki formül uygulanır;

$$Nc* (\text{Önerilen arkadan kalibre diş sayısı}) = YUKARIYUVARLA (Hb / Hoa) \quad (3.19)$$

Önerilen arkadan kalibre diş sayısı ekranda belirtilir ve arkadan kalibre diş sayısı seçilir. Bu seçim klasik tasarımda da aynı metot ile yapılır. Final analiz bölümünde önerilen değerden uzaklaşılması durumunda yüklerin nasıl değişeceği belirtilecektir.

Arkadan kalibre yedek diş sayısı değerinin tespit edilmesi hemen hemen önden kalibre yedek diş sayısının tespitiyle paraleldir. Önerilen arkadan kalibre yedek diş sayısı değeri standart olarak 5’dir ve bu değer de tecrübeler sonucu ortalama olarak belirlenmiştir. Eğer broş öncesi delik çapının kalibre edilirken farklı sebeplerden dolayı daha çok yük geleceği veya daha hızlı köreleceği öngörülüyorsa bu diş sayısı 1 veya 2 adet daha artırılabilir.

Bu seçimin ardından normal profil diş sayısı klasik tasarımda da yazılımda da aşağıdaki formülle hesaplanır:

Seçilmiş malzemeye göre Tablo 3.1’e göre belirlenen normal ortalama paso (Ho) ;

$$Na* (\text{Önerilen profil diş sayısı}) = YUKARIYUVARLA (Ha / (Ho - 0,012)) \quad (3.20)$$

Formül sonucu belirlenen değer sunulur ve aynı şekilde idealden uzaklaşılması durumunda broş takımına yansımaları analiz bölümünde belirtilecektir.

Normal profil yedek diş sayısı standart olarak “4” adedinde önerilir, ancak diş sayısı ve hatve seçimi bölümünde tarif edildiği gibi uç senaryoları göz önünde bulundurarak bu sayı 1 veya 2 adet daha artırılabilir.

Klasik tasarımda diş sayıları manuel olarak toplanırken yazılım tarafında normal profil yedek diş sayısı seçildikten sonra seçilmiş olan diş sayıları üzerinden “Hesaplanan toplam diş sayısı” değeri ekranda görüntülenir. Bunun hemen altında “Hesaplanan kesici diş boyu” değeri de görüntülenir. Bu boy broş kalibre durumuna göre değişiklik gösterecektir. Çünkü arkadan kalibreli broşlarda değişken hatve kullanılır ve bu toplam değere yansır. Hesaplanan kesici diş boyu önemlidir, çünkü broşlamada kullanılacak tezgâhın broşlama stroku en az bu değer kadar olmalıdır. Klasik tasarımda bu dişlerin sayısı tecrübeye göre artırılıp azaltılabilir.

Hem klasik tasarımda hem de yazılımda hesaplanan toplam diş sayısı değerinin formülleri şu şekildedir:

Eğer broş takımı önden veya aradan kalibreli model değilse;

$$N_t \text{ (Hesaplanan toplam diş sayısı)} = N_a + N_{ay} \quad (3.21)$$

Eğer broş takımı önden kalibreli model ise;

$$N_t = N_b + N_{by} + N_a + N_{ay} \quad (3.22)$$

Eğer broş takımı arkadan kalibreli model ise;

$$N_t = N_c + N_{cy} + N_a \quad (3.23)$$

Broş kalibre durumuna göre hesaplanan toplam diş sayıları belirlendiğine göre hesaplanan kesici diş boyu değerleri şu şekilde hesaplanır;

Eğer broş takımı önden veya aradan kalibreli model değilse;

$$L_k \text{ (Hesaplanan kesici diş boyu (mm))} = t * (N_t - 1) \quad (3.24)$$

Eğer broş takımı önden kalibreli model ise;

$$L_k = t * (N_t - 1) \quad (3.25)$$

Eğer broş takımı arkadan kalibreli model ise;

Arkadan kalibre bölgesi 1. hatve değerine kısaca ta1,

Arkadan kalibre bölgesi 2. hatve değerine kısaca ta2 dersek,

$$L_k = (N_c + N_{cy}) * ta_1 + (N_c + N_{cy}) * ta_2 + (N_a - N_c - 1) * t \quad (3.26)$$

Klasik tasarımda bu formülle birlikte kesici diş boyu tespit edilmiş olacaktır. Ardından ön ve arka tutucunun tasarlanması gerekir.

Yazılımda ise hesaplanan toplam diş sayısı ve hesaplanan toplam kesici diş boyu ekranda görüntülendikten son bölüm olan III. Ön ve Arka Tutucu Seçimi kısmına gelinir.

3.1.3 Ön ve arka tutucu seçimi

Burada ilk olarak ön tutucunun olup olmadığı tespit edilir. Şayet ön tutucu olmayacaksa bu basma tip bir broş takımı tasarlandığı anlamına gelir ve ön shaft boyu buna göre tayin edilir.

Eğer ön tutucu varsa ön tutucu için tercih edilen standart tayin edilir. Bu standartlar “DIN 1415” ve “DIN 1417” [28] dir. Bu standartlar broş takımı kullanıcısının broş çekme tezgâhının tasarımıyla ilgilidir ve mutlaka baştan belirlenmelidir. Broşun kesme yapacağı dişlerin çap değerleri üzerinden gelecek yükler hesaplanır ve buna uygun olan sap çapı tespit edilir. Klasik tasarımda bu tespit tecrübeye göre yapılırken yazılımda süreç aşağıdaki gibi ilerler;

Önerilen ön tutucu çap değeri aşağıdaki algoritmayla belirlenir;

Eğer seçilen standart DIN 1415 ise;

Seçilen broş öncesi torna çapı “Dp” ;

Dp < 7 mm ise;

$$D_p^* = D_p - 0,21 \quad (3.27)$$

D_p^* değerinin DIN1415 standardı 3. bölüm 2. sayfada yer alan tabloda d_1^{11} olarak yer alan anma çapları arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer önerilen çap değeridir.(Şekil 3.5)

Şekil 3.5 Yazılımda ön ve arka tutucu seçimi bölümü

Klasik tasarımda bu değer tablodan tespit edilirken yazılımda bu seçim otomatik yapılır.

$7\text{mm} \leq D_p \leq 20\text{mm}$ ise;

$$D_p^* = D_p - 0,21 \quad (3.28)$$

D_p^* değeri 1 in katları olacak şekilde yukarı yuvarlanır ve yuvarlama sonucu bulunan değer yine DIN1415 standardı 3. bölüm 2. sayfada yer alan tabloda d_1^{11}

olarak yer alan anma çapları arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer onerilen çap değeri olarak tespit edilir.

$D_p > 20 \text{ mm}$ ise;

$$D_p^* = D_p - 0,5 \quad (3.29)$$

D_p^* değeri 1 in katları olacak şekilde yukarı yuvarlanır ve yuvarlama sonucu bulunan değer yine DIN1415 standardı 3. bölüm 2. sayfada yer alan tabloda d_1^1 olarak yer alan anma çapları arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer onerilen çap değeri olarak tespit edilmiş olur.

Eğer seçilen standart DIN 1417 ise;

Sınamalar aynı şekilde yapılır ve D_p^* değerleri aynı şekilde tespit edilir. Yalnız bu sefer bulunan D_p^* değerleri DIN1417 standardı 1.bölümde yer alan tabloda d_1^2 olarak yer alan anma çapları arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer onerilen çap değeri olarak tespit edilmiş olur.

onerilen n sap çap değerinin ardından bir çap değeri seçilir. Daha önce bahsedilen uç şartlara uyum sağlamak amacıyla bu çap yine standart dışı seçilebilir, ancak yine anma çapları arasından seçim yapılması gerekir, çünkü sapa dair diğer ölçüler bu anma çapı üzerinden belirlenecektir.

Sap apı seçiminin ardından n tutucu formu tespit edilir, örneğin burada “DIN 1415” standardı için seçenekler “A Tipi Maşalı” ve “B Tipi Yuvarlak” tır. Bu seçimin sebebi n tutucu çap değeri 18 mm’nin altında olduğu durumda yuvarlak formda n tutucu işlendiğinde, en küçük çapta olan boğumun kopmaya müsaade edecek kadar mukavemetinin düşük olması ihtimalinin önüne geçmektir. Maşalı tipin tercih edilmesinin sebebi silindirik bir unsur işlemek yerine sapın daha mukavim olabilmesi için sapı daha fazla inceltmeden dikdörtgensel bir bölge oluşturmaktır. Bu mukavemet düşüşünü önlemek üzere n sap çapı 18 mm’nin altında veya eşit ise standart tarafından Maşalı Tip nerilir.

DIN 1417 Standardı için ise yine seçilen n sap çap değeri 18 mm’nin altında veya eşit ise “J Tipi Maşalı”, 18 mm değerinden büyük ise “K Tipi Yuvarlak” nerilir. Prensipte yine aynıdır.

Bu önermeler yazılımda otomatik olarak yapılmaktadır.

Bu seçimin ardından broş takımında Konum Yarması olup olmayacağı tespit edilmelidir. Şayet parçanın fikstüre sabitlenme şekli ile broş takımının açacağı dişli formun pozisyonu arasında istenen sabit bir ilişki varsa broş ön tutucu kısmına konum yarması yapılır ve bu sayede bu konumdan pozisyonu sabitlenen broş takımı açışal anlamda hep aynı pozisyonda ilerleyerek kesme yapar. Parça da fikstür ile sabitlendiğinden dişler hep istenen yönde olur.

Bu seçim yapıldıktan sonra broş takımında arka tutucu olup olmayacağı tespit edilmelidir. Bu seçim de tamamen broş takımı nihai kullanıcısı ile alakalıdır. Broş takımının 20 kg'dan ağır olması durumunda broş takımının arka tutuculu olması önerilir ve üst tutucu sistemi bulunan bir broş çekme tezgâhında kullanılması önerilir. Ancak maliyetler sebebiyle kullanıcı broş takımının ağırlığına rağmen üst tutucusu olmayan broş çekme tezgâhında kullanmak isteyebilir yahut broş takımı hafif olmasına rağmen tezgâhında üst tutucu sistem varsa bunu kullanmak isteyebilir, dolayısıyla bu seçim nihai kullanıcının isteğine göre yapılır. Arka tutucu standardı da ön tutucu standardı ile aynı olmak durumundadır, dolayısıyla bu noktada ön tutucu için seçilen standart arka tutucu için de geçerli olmaktadır.

Bu seçimin ardından yine ön tutucuda olduğu gibi bir arka sap çapı önerilir ve tercih edilen arka sap çap değeri tespit edilir.

Arka sap çap değeri klasik tasarımda da yazılımda da şu şekilde önerilir;

DIN 1415 için;

Seçilmiş ön çap değeri "Dp";

$D_p < 12$ mm ise,

Arka sap yapılması önerilmez, gerek yoktur. Eğer üst tutucu olarak yine de kullanılmak isteniyorsa, broş dişlerinden en büyük çapta olanı geçmeyecek herhangi bir çap değeri kullanılabilir.

$D_p \geq 12$ mm ise,

Dp değeri DIN 1415 standardı 4. bölümdeki tabloda d_1^{11} sütununda aranır ve en yakın değer seçilir.

DIN 1417 için;

$D_p < 4$ mm ise,

Arka sap yapılması önerilmez, gerek yoktur. Eğer üst tutucu olarak yine de kullanılmak isteniyorsa, broş dişlerinden en büyük çapta olanı geçmeyecek herhangi bir çap değeri kullanılabilir.

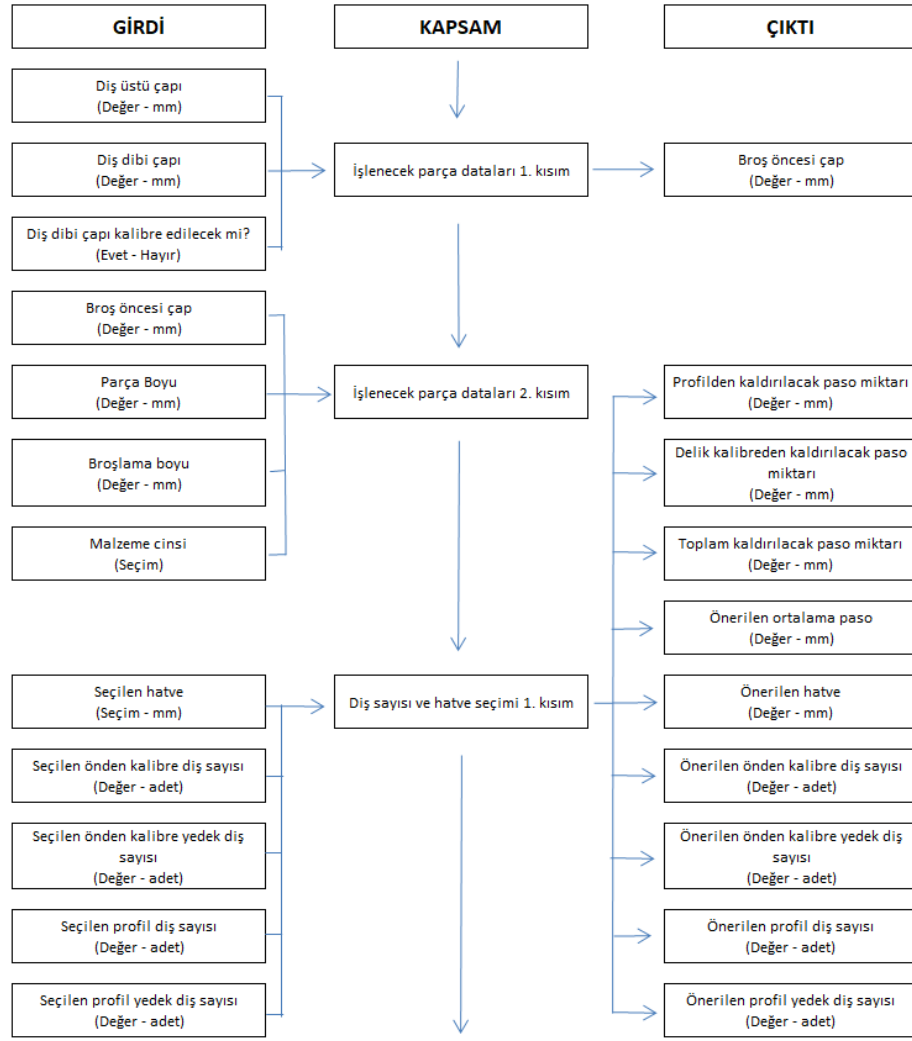
$D_p \geq 4$ mm ise,

D_p değeri DIN 1415 standardı 4. bölümdeki tabloda d_1^{11} sütununda aranır ve en yakın değer seçilir.

Bu seçimin de ardından eğer broş takımında konum yarması var ise arka tutucu formu olarak “DIN 1415” standardı için “C Maşalı Tip” önerilir, konum yarması yoksa “D Yuvarlak Tip” önerilir. Bu iki tipin tek farkı, maşalı tipte broş hep aynı rotasyonda tutularak havaya kaldırılır ve aynı rotasyonda parça üzerine indirilir ve parça üzerinde istenen formun hep aynı yönde oluşturulması hedeflenir. Bu seçim de tamamlandıktan sonra klasik tasarım yapılıyorsa tespit edilen değerler üzerinden teknik resim çizilebilir. Yazılım ile yapıldığında ise “Tasarımı Tamamla” butonu aktif olur ve bu butona tıklandığında açılacak yeni sayfada broş takımının kuvvet analizleri ve varsa sakıncalar belirtilir. İhtiyaç duyulan broş çekme tezgâhı özellikleri de sayfada yer alır. Ayrıca broş takımının teknik resmi seçilen değerler üzerinden standartlar referans alınarak hazırlanır.

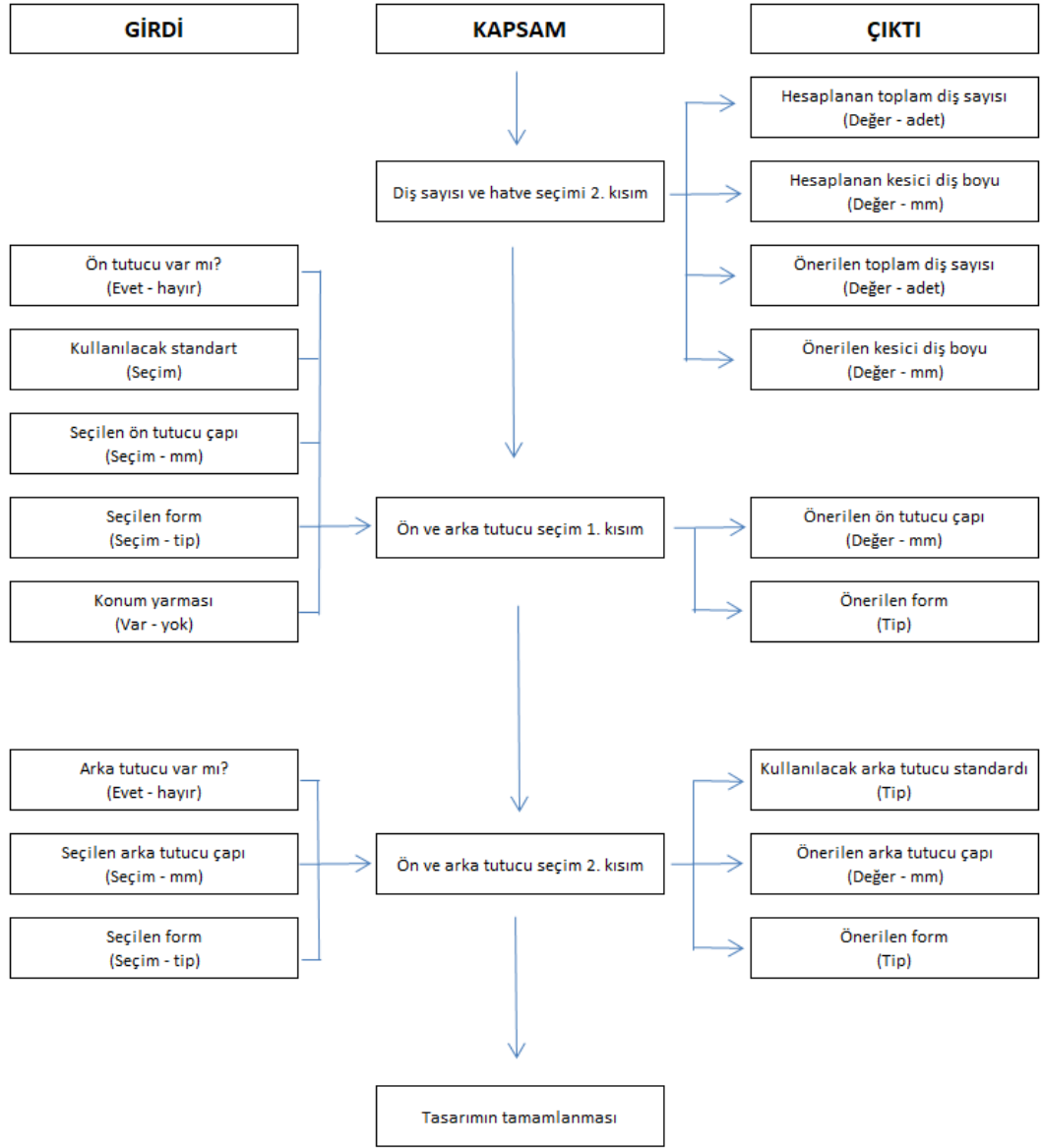
3.1.4 Yazılımda girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri

Yukarıdaki bölümlerde tarif edilen yazılımdaki tasarım akışı aşağıda yer alan grafikte girdi, kapsam ve çıktı şeklinde gruplandırılarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.6 Yuvarlak broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 1. kısım

Örneğin grafiğin ilk kısmında yer alan (Şekil 3.6) diş üstü çapı, diş dibi çapı ve diş dibi çapı kalibre edilecek mi sorusu işlenecek parça dataları 1. kısım kapsamında değerlendirilmiş ve bu girdilerin algoritmada hesaplanması sonucu yazılım tarafından broş öncesi çap değeri üretilmiştir. Şekil 3.7 Şekil 3.6’de gösterilen akışın devamıdır.

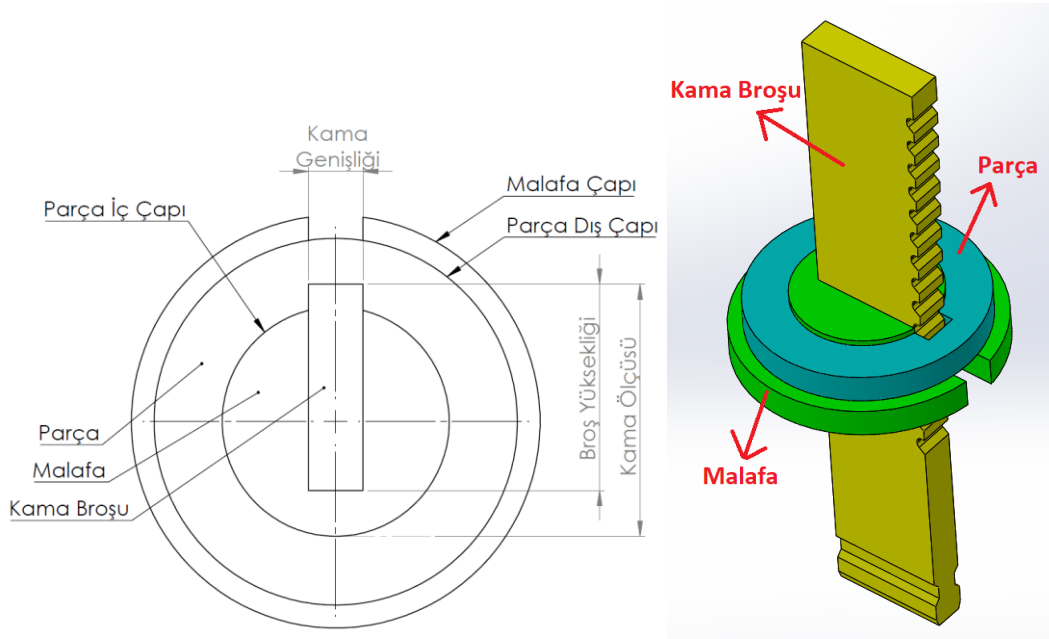


Şekil 3.7 Yuvarlak broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 2. kısım

Bütün kısımlar tamamlandığında ortaya çıkan veri seti tasarlanmış broş takımının geometrisini ince ayrıntısına kadar ifade eden veri seti olacaktır (Şekil 3.7).

3.2 Delik içi kama broş takımları

Delik içi kama broş takımları, genellikle dönen millerin üzerine geçirilecek flanş tipi parçaların iç yüzeyine hassas ve kararlı ölçülerde kama yuvası açmak üzere kullanılır. Mil üzerinde yer alan kama bu flanşın delik bölgesindeki kama yuvasına oturur ve tahrik edilen mil ile birlikte kama bağlantısı yapılmış flanş parçası da döndürülmüş olur. Ağırlıklı olarak pompa, redüktör, rulman bileziği ve kuvvet aktarımı sağlayan makine parçalarında kullanılır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Delik içi kama broş takımlarında parça, malafa ve broş takımının gösterimleri

Delik içi kama broşları bir malafa yardımıyla kullanılır ve kama yuvasının eksen kaçıklığı ile birlikte kama derinliğinin hassasiyeti malafanın hassasiyetine bağlıdır. Kama genişliği ise broş takımının üretim hassasiyeti ile ilgilidir.

3.2.1 İşlenecek parça verileri

Delik içi kama broş takımlarının tasarımında izlenecek yol hemen hemen yuvarlak broş takımları ile aynıdır. Burada ortalama paso değeri yuvarlak broş takımları için çapta olurken, kama broş takımları için tek yönde kama yüksekliğinin artması şeklinde ifade edilir.

Toplamda kaldırılacak paso miktarı;

$$H_c \text{ (Kaldırılacak paso miktarı)} = (\text{Kama ölçüsü formunun ucundan geçen daire çapı} - \text{Parça iç çapı}) / 2 \quad (3.30)$$

formülüyle hesaplanır.

Bu formül klasik tasarım için de yazılım için de geçerlidir. Yazılımda hesaplamaların yapılması için ilk kısımda parça delik çapı, kama ölçüsü ve kama genişliği bilgileri girilir.(Şekil 3.9)

Ardından hatve hesaplarının yapılabilmesi için parça boyu, broşlama boyu ve malzeme cinsi bilgisi girilir.

I. İşlenecek Parça Dataları

Parça Delik Çapı:

Kama Ölçüsü:

Kama Genişliği:

Parça Boyu:

Broşlama Boyu:

Malzeme Cinsi:

>>>

Şekil 3.9 Yazılımda işlenecek parça dataları bölümü

Malzeme cinslerine göre ortalama paso değerleri 3.1.1 bölümündeki Tablo 3.1 değerleriyle aynıdır.

Delik içi kama broş takımlarında broşlama operasyonunda yardımcı olmak üzere malafa parçaları kullanılır (Şekil3.7). Bu malafa parçaları kama broşunun dişlerin bulunmadığı yüzeylerin yataklama yapmasını sağlar ve kama derinliğinin tayininde kullanılır. Aynı zamanda parça iç yüzeyine hassas bir toleransla oturmalı

ve malafa işlenirken ölçü kaçıklıklarının kama ölçülerine ve konum pozisyonlarına direkt etki edeceği unutulmamalıdır. Aynı zamanda broşlanacak parça bu malafaya alt yüzeyinden oturacağı için malafa dış çapının parça dış çapından mutlaka büyük yapılması gerekir.

3.2.2 Diş sayısı ve hatve seçimi

Kama broş takımlarında hatve seçimi yuvarlak broş takımları ile birebir aynıdır. Klasik tasarımda aynı şekilde hatve hesaplaması yapılırken yazılımda 3.1.2 bölümünde belirtilen sınamalar aynı sırayla yapılır ve Ho değeri tablodan seçilen ortalama paso değeri iken Lb değeri aynı şekilde broşlama boyunu ifade eder. Bu değerler formülde yerlerine yerleştirilerek ideal hatve değerine(t) ulaşılır (Şekil 3.10).

Şekil 3.10 Yazılımda diş sayısı ve hatve seçimi bölümü

$$Nd \text{ (Kesici diş sayısı)} = YUKARIYUVARLA (Hc / (Ho - 0,012)) \quad (3.31)$$

Kama broşlama operasyonlarında parça öncesi delik değeri, kalibre edilecek çap değerleri gibi değerler bulunmadığından sadece kesici diş sayısı hesaplanır. Kesici yedek diş sayısı standart olarak “4” adedinde önerilir, ancak 3.1.2 bölümünde tarif

edildiği gibi uç senaryolar göz önünde bulundurularak bu sayı 1 veya 2 adet daha artırılabilir.

$$N_t \text{ (Toplam kesici diş sayısı)} = N_d + \text{Seçilen yedek diş sayısı} \quad (3.32) \quad (3.32)$$

$$L_k \text{ (Hesaplanan kesici diş boyu (mm))} = t * (N_t - 1) \quad (3.33)$$

Hesaplanan toplam diş sayısı ve hesaplanan toplam kesici diş boyu tespit edildikten sonra son bölüm olan III. Ön ve Arka Tutucu Seçimi kısmına gelinir.

3.2.3 Ön ve arka tutucu seçimi

Kama broş takımlarında ön tutucu bulunmak zorundadır. Bunun için kullanıcıdan ön tutucu için tercih edilen standart bilgisi istenir. Bu standartlar “DIN 1415” ve “DIN 1417”dir. Bu standartlar broş takımı kullanıcısının broş çekme tezgâhının tasarımıyla ilgilidir ve mutlaka baştan belirlenmelidir. Kama broşunun kama genişliği kesit değerleri üzerinden gelecek yükler hesaplanır ve buna uygun olan sap ölçüleri tespit edilir.

Şekil 3.11 Yazılımda ön ve arka tutucu seçimi bölümü

Dolayısıyla klasik tasarımlarda bu seçimler tablolardan manuel olarak yapılırken yazılımda standart ve ön tutucu genişliğinin seçilmesi gerekir (Şekil 3.11).

Önerilen ön tutucu kesit değeri aşağıdaki algoritmayla belirlenir;

Eğer seçilen standart DIN 1415 ise;

$2\text{mm} \leq D_r \leq 4\text{mm}$ ise;

D_r (Kama genişliği değeri) DIN1415 standardı 6. bölüm 2. sayfada yer alan tabloda b1 olarak yer alan anma genişlikleri arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer önerilen kesit genişliği değeri olarak kullanılır.

$5\text{mm} \leq D_r \leq 40\text{mm}$ ise;

$$D_r^* = D_r - 0,2 \quad (3.34)$$

D_r^* değeri 1 in katları olacak şekilde yukarı yuvarlanır ve yuvarlama sonucu bulunan değer yine DIN1415 standardı 6. bölüm 3. sayfada yer alan tabloda b1 olarak yer alan anma genişlikleri arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer önerilen kesit genişliği değeri olarak kullanılır.

$D_r > 40\text{ mm}$ ise;

Aynı tabloda 40 mm kısmındaki değerler kullanılır.

Eğer seçilen standart DIN 1417 ise;

Sınamalar aynı şekilde yapılır ve D_r^* değerleri aynı şekilde tespit edilir. Yalnız bu sefer bulunan D_r^* değerleri DIN1417 standardı 7. bölüm 2. sayfada yer alan tabloda “b1” olarak yer alan anma genişlikleri arasından en yakın olan değer seçilir ve bu değer önerilen kesit genişliği değeri olarak tespit edilir.

Daha önce bahsedilen uç şartlara uyum sağlamak amacıyla genişlik değeri yine standart dışı seçilebilir, ancak yine anma genişlikleri arasından seçim yapılması istenir, çünkü sapa dair diğer ölçüler bu genişlik değerleri üzerinden belirlenecektir.

Sap genişliği seçiminin ardından “DIN 1415” standardı için tek seçenek “G tipi form” dur. Bu formda seçilen kesit genişliği 5 mm’nin altında ise broş tabanının genel mukavemet sağlayabilmesi için 5 mm üzerinde faturalı bir formda olması önerilir. Broş tabanı için genişlik değeri yine DIN1415 standardı 6. bölüm 2. sayfadan seçilir.

DIN 1417 Standardı için ise yine tek seçenek “N tipi form” dur. Burada broş tabanının mukavemet sağlaması için kama genişliğinden geniş olması öngörülür, ancak direkt bir değer verilmez. Yalnızca tercih edilebilecek değerler 3.bölüm 2. sayfadaki tablo ile tespit edilebilir.

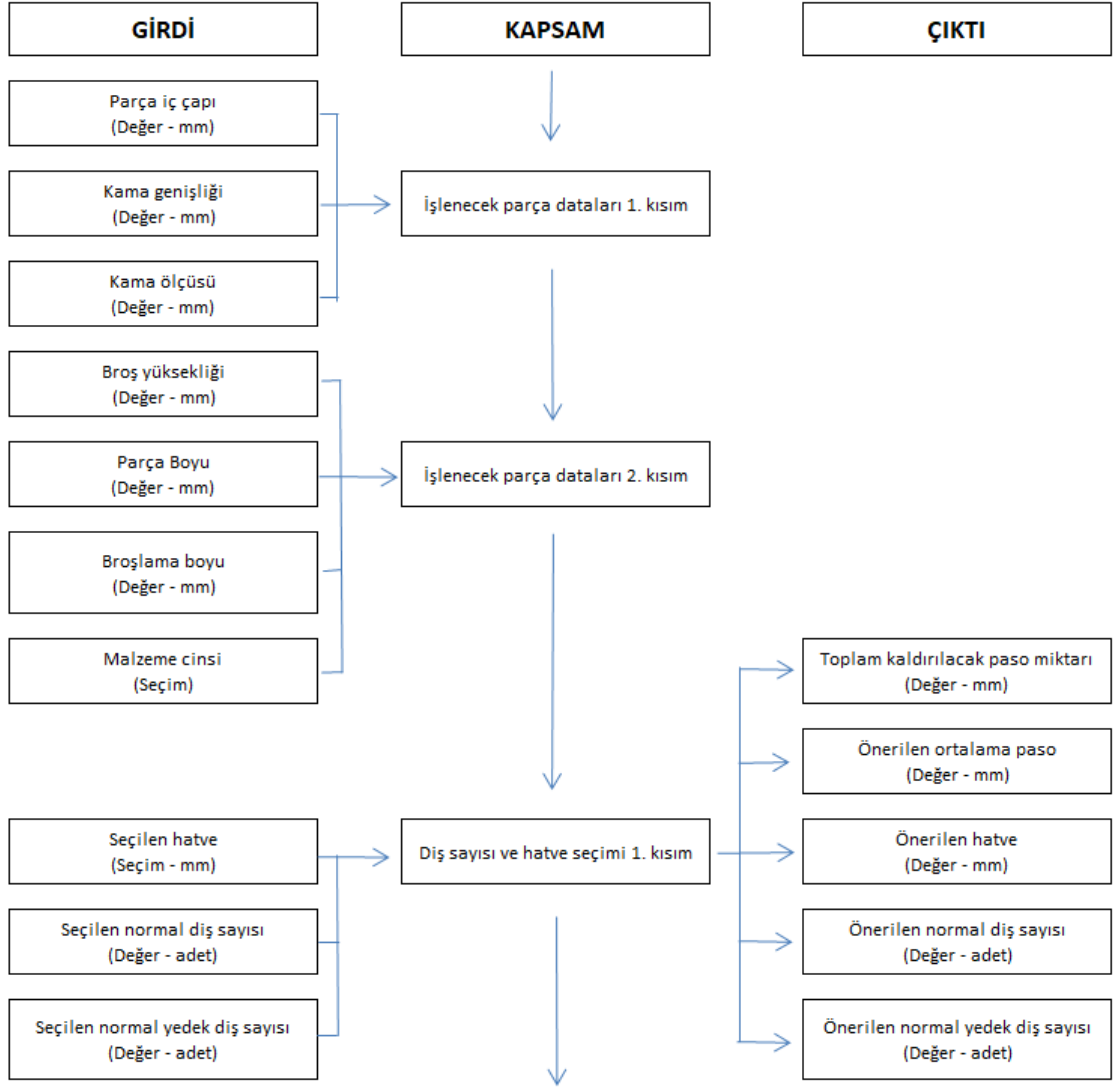
Bu seçim yapıldıktan sonra broş takımında arka tutucu olup olmayacağı tayin edilmelidir. Bu seçim de tamamen broş takımı nihai kullanıcısı ile alakalıdır. Broş takımının 20 kg’dan ağır olması durumunda broş takımının arka tutuculu olması önerilir ve üst tutucu sistemi bulunan bir broş çekme tezgâhında kullanılması önerilir. Yuvarlak broş takımları gibi kama broş takımlarında da bu bir tercih meselesidir. Arka tutucu standardı da ön tutucu standardı ile aynı olmak durumundadır, dolayısıyla bu noktada ön tutucu için seçilen standart arka tutucu için de geçerli olmaktadır. Ancak DIN1415 standardı kama broşları için arka tutucu öngörmemiştir, dolayısıyla arka sap için genelde DIN1417 standart olarak kullanılır.

Bu seçimin ardından yine ön tutucuda olduğu gibi bir arka sap genişliği önerilir ve tercih edilen arka sap genişlik değeri tespit edilir. Ancak genellikle ön sapta kullanılan genişlik değeri aynı şekilde arka sapta da kullanılır, çünkü bu tercih imalat süresini azaltacaktır.

Tercih edilen arka sap genişliğine göre de sap formu standarttan direkt alınır.

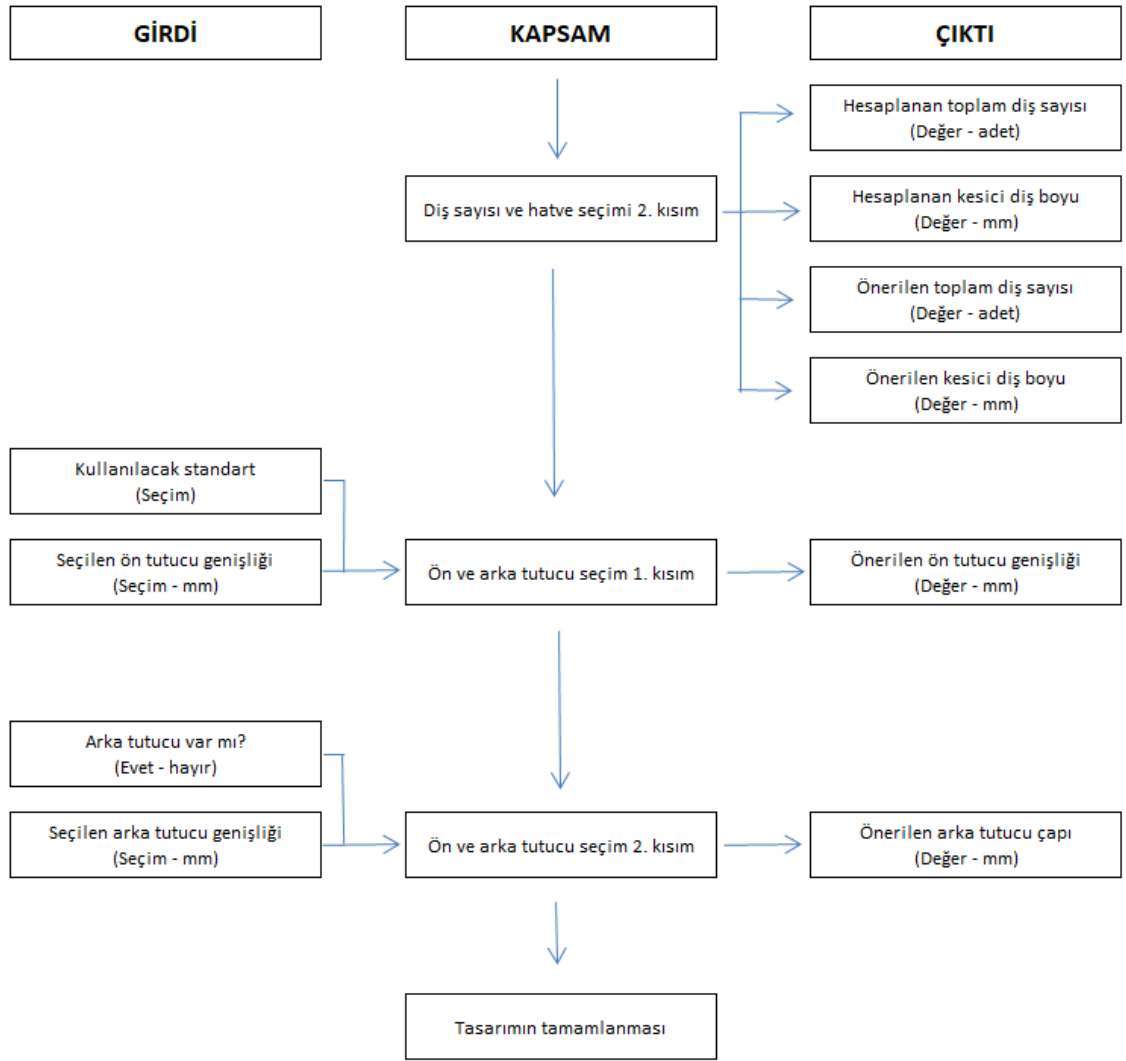
3.2.4 Yazılımda girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri

Yuvarlak broş takımları bölümünde olduğu gibi delik içi kama broş takımlarında yazılımın tasarım akışı aşağıda yer alan grafikte girdi, kapsam ve çıktı şeklinde gruplandırılarak ifade edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Kama broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 1. kısım

Bütün kısımlar tamamlandığında ortaya çıkan veri seti tasarlanmış broş takımının geometrisini ince ayrıntısına kadar ifade eden veri seti olacaktır (Şekil 3.13). Şekil 3.13 Şekil 3.12’de gösterilen akışın devamıdır.



Şekil 3.13 Kama broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri 2. kısım

3.3 Yüzey profil broş takımları

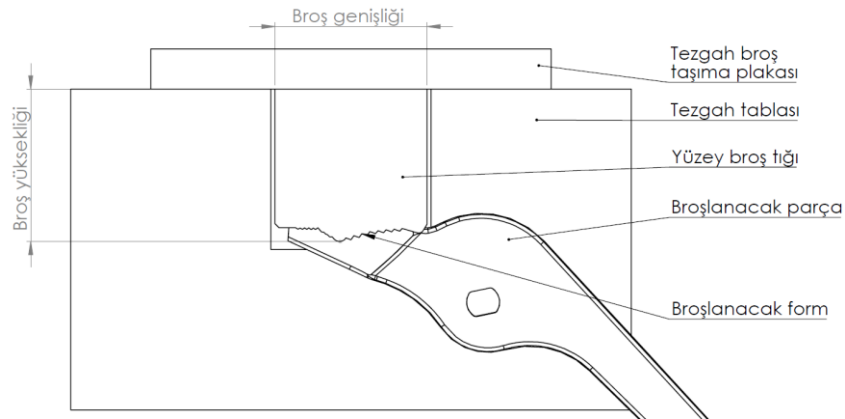
Yüzey profil broş takımları genellikle el aletleri sektöründe, otomotiv alanında el freni cırcırı gibi yüzey profil ölçülerinin hassas ve sürekliliğinin sağlanması istenen durumlarda yahut makine parçaları yüzeyinde yer alan kompleks formların işlenmesinde kullanılır. Genellikle az sayıda adetler için tel erozyon metodu tercih edilir, ancak adetler yükseldiğinde maliyet düşürmek adına broş takımı kullanmak vazgeçilmez çözümlerden biridir.

Yüzey broş takımlarında tutucu kısım yer almaz, yüzey broşlama tezgâhlarında hareketli plaka üzerine genellikle bir kama yuvası ile pozisyonlanır ve kılavuz çekilmiş deliklerinden bu hareketli plaka üzerine sabitlenirler. Parça üzerinde form derinliği ve pozisyonu ayarlanmak istendiğinde parça fikstürü hareket ettirilir.

Dolayısıyla tasarım esaslarında parça geometrisinin nereden alınıp nereye götürüleceği tespit edilmelidir, bu sayede toplam paso tespit edilir ve yüzey broş takımının diş sayısı belirlenmiş olur.

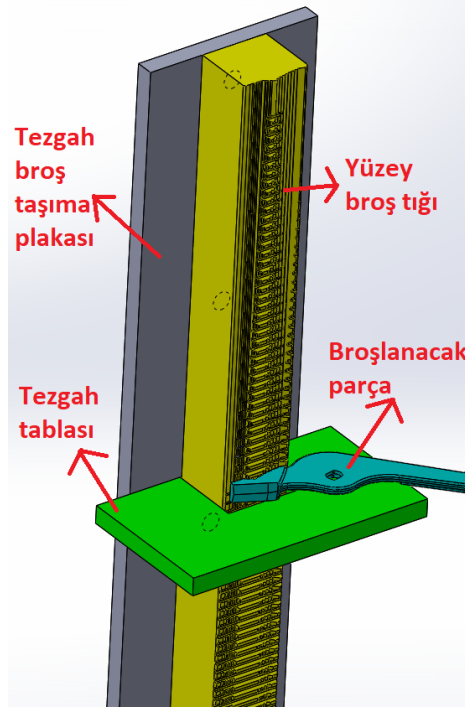
3.3.1 İşlenecek parça verileri

Yüzey broş takımlarında takım tezgah broş taşıma plakasına bağlanır ve Şekil 3.14’de gösterildiği gibi tezgah tablasına bir fikstür yardımıyla bağlanmış olan iş parçası üzerinde talaş kaldırarak aşağıya doğru ilerler.



Şekil 3.14 Yüzey broş takımlarında parça, takım ve tezgâh yerleşimi

Yüzey broş takımlarında tasarımı bir program haline getirmek kolay değildir, çünkü formlar çok farklı ve genelde karmaşıktır (Şekil 3.15) ve broş takımı üzerinde tutucu kısım bulunmayacağı için hesaplanması gereken tek kısım diş sayısı ve hatveleridir (Şekil 3.16).



Şekil 3.15 Yüzey broş takımlarında parça, takım ve tezgâh yerleşimi

Genellikle finiş form öncesi bu parçalar dökümden yahut dövmeden çıkar ve paso kaldırılacak kısım üreticinin tercihine göre finiş formdan 1 veya 2 mm ofsetlenmiş şekilde tayin edilir. Bu ofsetleme miktarı broş takımı üreticisine bildirilir ve takım üreticisi tek yönde kaldıracağı paso miktarı üzerinden diş sayılarını belirler.

I. İşlenecek Parça Dataları

Profil Derinliği:

3,42

Profil Genişliği:

34

Hesapla & Devam Et

Parça Boyu:

11,5

Broslama Boyu:

11,5

Malzeme Cinsi:

CK45

Hesapla & Devam Et >>> Diş Sayısı ve Hatve Seçimi

Şekil 3.16 Yazılımda işlenecek parça dataları bölümü

3.3.2 Diş sayısı ve hatve seçimi

Yüzey broş takımlarında hatve seçimi yuvarlak broş takımları ile birebir aynıdır. Klasik tasarımda ve yazılımda 3.1.2 bölümünde belirtilen sınamalar aynı sırayla yapılır ve H_o değeri tablodan seçilen ortalama paso değeri iken L_b değeri aynı şekilde broslama boyunu ifade eder. Bu değerler formülde yerlerine yerleştirilerek ideal hatve değerine (t) ulaşılır.

Toplam kaldırılacak paso miktarı: 3,42	
Önerilen ortalama paso: 0.06	
Seçilen hatve: 5	Önerilen hatve: 5
Seçilen profil diş sayısı: 59	Önerilen normal diş sayısı: 59
Seçilen profil yedek diş sayısı: 4	Önerilen normal yedek diş sayısı: 4
Hesapla	
Hesaplanan toplam diş sayısı: 63	Önerilen toplam diş sayısı: 63
Hesaplanan kesici diş boyu: 310	Önerilen kesici diş boyu: 310

Şekil 3.17 Yazılımda diş sayısı ve hatve seçimi bölümü

Hc (Kaldırılacak paso miktarı) = Broş takımı kullanıcısı tarafından tayin edilir.

$$N_d (\text{Kesici diş sayısı}) = \text{YUKARIYUVARLA} (H_c / (H_o - 0,012)) \quad (3.35)$$

Yüzey form broşlama operasyonlarında parça öncesi delik değeri, kalibre edilecek çap değerleri gibi değerler bulunmadığından sadece kesici diş sayısı hesaplanır. Kesici yedek diş sayısı standart olarak “4” adedinde önerilir, ancak 3.1.2 bölümünde tarif edildiği gibi uç senaryolar göz önünde bulundurularak bu sayı 1 veya 2 adet daha artırılabilir (Şekil 3.17).

$$N_t (\text{Toplam kesici diş sayısı}) = N_d + \text{Seçilen yedek diş sayısı} \quad (3.36)$$

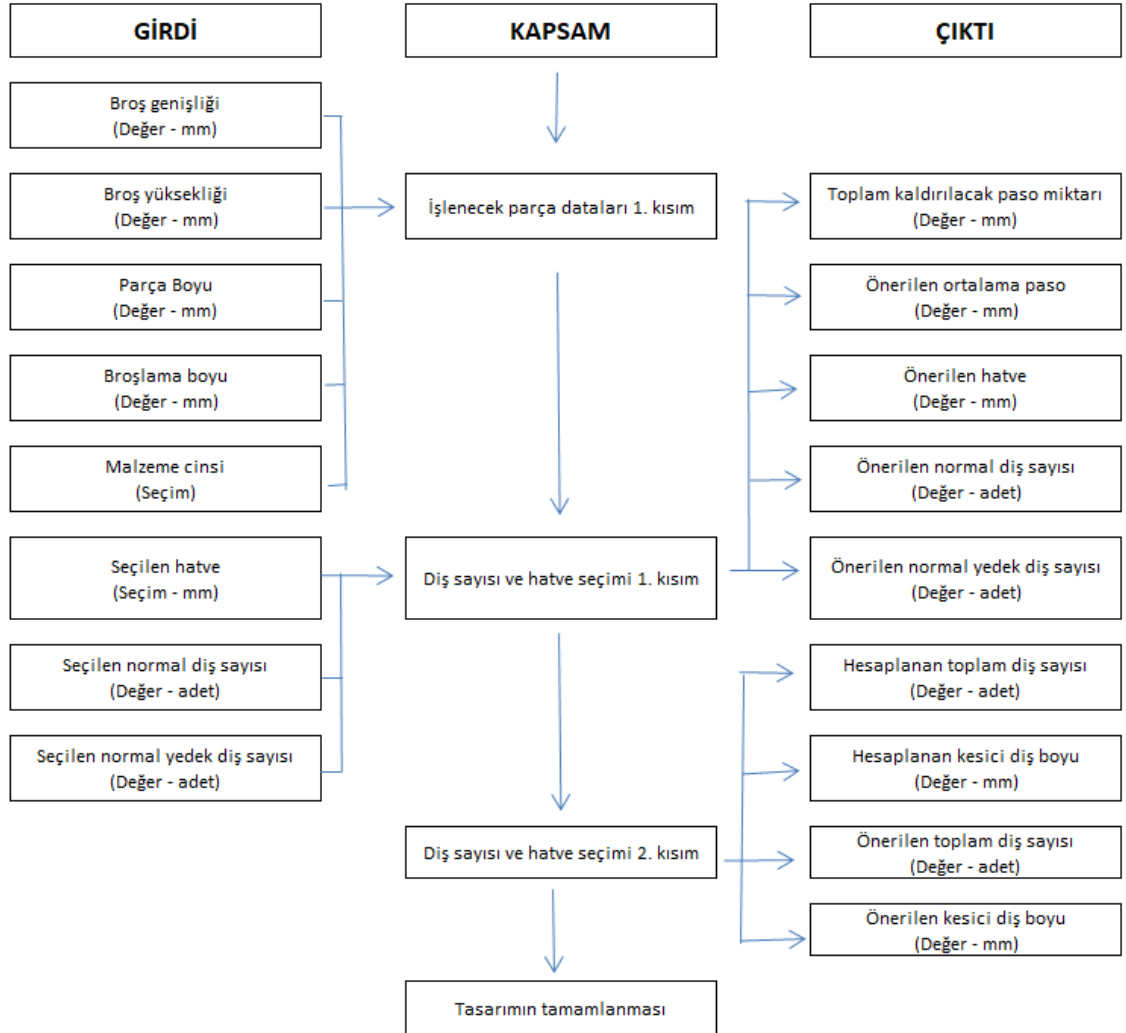
$$L_k (\text{Hesaplanan kesici diş boyu (mm)}) = t * (N_t - 1) \quad (3.37)$$

Hesaplanan toplam diş sayısı ve hesaplanan toplam kesici diş boyu tayin edildikten sonra tasarım tamamlanmış olur.

Yüzey broş takımları tutucular vasıtasıyla değil, tezgâh taşıma plakasına metrik vidalarla çektirme yapılması suretiyle bağlanır. Broşlama tezgâhının yere dik plakasının yere doğru hareket etmesiyle takımın hareket etmesi sağlanır. Burada takım üzerine hangi noktalara vidalama için delik açılacağı bilgisi tamamen kullanıcı broş çekme tezgâhı üzerindeki plaka deliklerine bağlıdır.

3.3.3 Yazılımda girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri

Yüzey profil broş takımları için yazılımdaki bu ilişki grafiği oldukça kısadır, çünkü girdi ve çıktı değerleri az sayıdadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Yüzey profil broş takımı tasarımında girdi, çıktı ve kapsam ilişkileri

Bu tür broş takımlarında tutucu kısım bulunmadığı için broş takımının sadece kesme yapan bölgesi tasarlanır, bu da sadece hatve, toplam kesici boy gibi değerlerin hesaplanması sonucu tasarımın tamamlanması anlamına gelmektedir.

Bu bölümde daha önceki bölümlerde tarif edilen tasarım süreçleri için hazırlanmış yazılım ile broş takımları tasarlanacak ve tasarımda kullanılan parametreler sonucunda ortaya çıkan broş takımının teknik resmi üzerinden takımlar üretilecektir. Üretilmiş broş takımları ile broslama işlemi yapılarak sonuçları irdelenecek ve broş takımlarının çalışma performansları incelenecektir.

4.1 Delik içi yuvarlak broş takımı için örnek

Yazılım tamamlandıktan sonra piyasada hâlihazırda üretilen bir parça seçilmiştir ve bu parça için yuvarlak bir broş takımı yazılım ile tasarlanmıştır.

4.1.1 Broşlanacak parçaya ait veriler

Bu veriler broşlanması istenen parçanın teknik resminden alınmıştır ve programa giriş yapmak üzere kayıt edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Delik içi yuvarlak broş takımı parça verileri

Kapsam	Değer
Majör çap	65.34 mm
Minör çap	62.58 mm
Broslama öncesi çap	62.30 mm
Broslama uzunluğu	15 mm
Malzeme cinsi	CK45
Kalibre türü	Önden kalibreli

4.1.2 Program üzerinde yapılan seçimler ve çıktılar

Programa yapılan girişler ile algoritma çalıştırıldığında ve programın önerdiği tasarım parametreleri girilmiştir. Yazılımdan elde edilen sonuçlar Tablo 4.2’de belirtilmiştir.

Tablo 4.2 Yazılım çıktısı

Kapsam	Değer
Önerilen hatve	6 mm
Seçilen ön kalibre yedek diş sayısı	5
Seçilen normal profil yedek diş sayısı	5
Toplam diş sayısı	71
Kesici boy	420 mm
Ön tutucu uzunluğu	270 mm
Ön tutucu çapı	56 mm
Seçilen ön tutucu formu	B Tipi Yuvarlak
Arka tutucu çapı	50 mm
Seçilen arka tutucu formu	D Tipi Yuvarlak
Makine için gerekli kuvvet	6350 kg
Makine için minimum strok	445 mm

Arayüz üzerinde önerilen parametreler belirlenmiş ve karşılığında hemen hemen aynı rakamlar seçilmiştir. Broş takımının uzum ömürlü olabilmesi amacıyla yedek dişlerin sayısı 4’ten 5 e çıkarılmıştır.

UserForm1

EVOLVENT PROFİLLİ BROŞ TIĞI TASARIM PROGRAMI

I. İşlenecek Parça Dataları

Diş Üstü Çapı: 65,34

Diş Dibi Çapı: 62,58

Diş Dibi Çapı kalibre edilecek mi? ☐ Önden Kalibreli Broş

Hesapla & Devam Et

Seçilen Broş Öncesi Çapı: 62,3 Önerilen Broş Öncesi Çapı: 62,28

Parça Boyu: 15

Broşlama Boyu: 15

Malzeme Cinsi: OK45

Hesapla & Devam Et >>> Diş Sayısı ve Hatve Seçimi

II. Diş Sayısı ve Hatve Seçimi

Profilden kaldırılacak paso miktarı: 2,76

Delik kalibreden kaldırılacak paso miktarı: 0,28

Toplam kaldırılacak paso miktarı: 3,04

Önerilen ortalama paso: 0,06

Seçilen hatve: 6 Önerilen hatve: 6

Seçilen önden kalibre diş sayısı: 13 Önerilen önden kalibre diş sayısı: 13

Seçilen önden kalibre yedek diş sayısı: 5 Önerilen önden kalibre yedek diş sayısı: 4

Seçilen profil diş sayısı: 48 Önerilen profil diş sayısı: 48

Seçilen profil yedek diş sayısı: 5 Önerilen profil yedek diş sayısı: 4

Hesapla

Hesaplanan toplam diş sayısı: 71 Önerilen toplam diş sayısı: 69

Hesaplanan kesici diş boyu: 420 Önerilen kesici diş boyu: 408

Hesapla & Devam Et >>> Ön ve Arka Tutucu Seçimi

III. Ön ve Arka Tutucu Seçimi

Ön tutucu var mı?: Var ☐ Yok ☐

Kullanılacak standart: DIN 1415 ☐

Seçilen ön tutucu çapı: 56 Önerilen ön tutucu çapı: 56

Seçilen Form: B (Yuvarlak) Önerilen Form: B (Yuvarlak)

Konum Yaması: Yok ☐

Arka tutucu var mı?: Var ☐ Yok ☐

Kullanılacak standart: DIN 1415 ☐

Seçilen arka tutucu çapı: 50 Önerilen arka tutucu çapı: 50

Seçilen form: D (Yuvarlak) Önerilen Form: D (Yuvarlak)

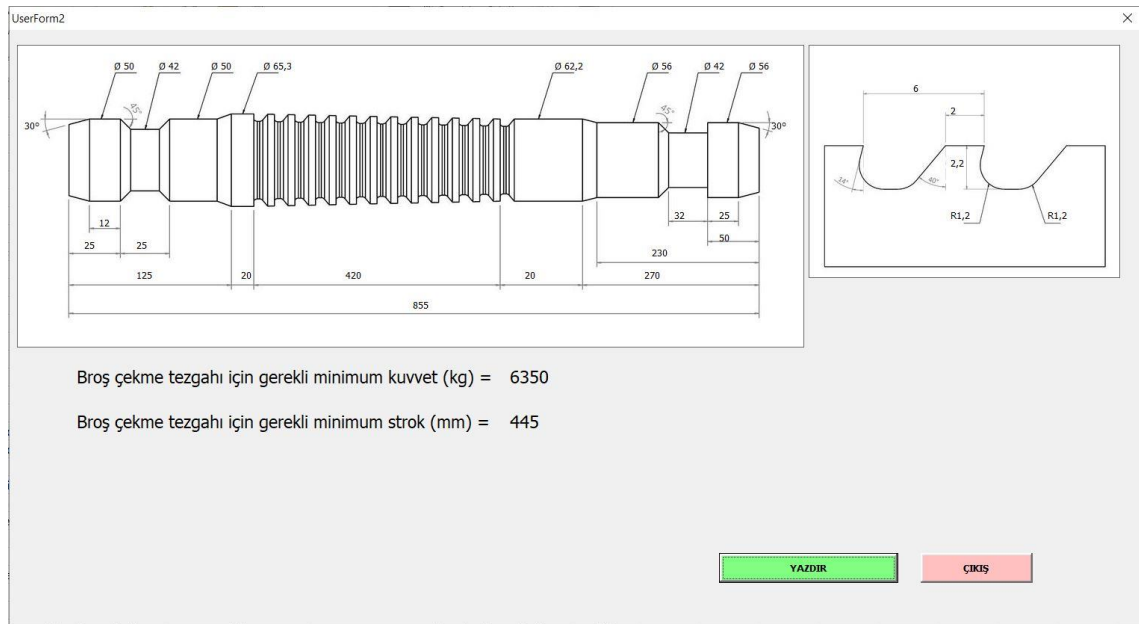
TASARIMI TAMAMLA
ÇIKIŞ

Şekil 4.1 Yazılımda girdilerin ve çıktıların bir arada görünümü

Veri girişi daha önce algoritma kısmında belirtildiği şekliyle programa aşamalı olarak yapılmıştır. (Şekil 4.1) Öncelikle I. İşlenecek Parça Dataları kısmına girişler yapıldı. Ardından diş sayısı ve hatve seçildi. İlgili broş önden kalibreli tasarlandığı için önden kalibre diş sayısı ve önden kalibre yedek diş sayısı belirlendi. Bunun sonucunda toplam diş sayısı ve kesici boy tespit edilmiş oldu.

Ardından broşun ağırlığından dolayı üst ve alt tutuculu olması kararlaştırıldı ve programa bu şekilde giriş yapıldı. Programın önerdiği sap çapları doğrultusunda standarttan sap ölçüleri otomatik seçildi.

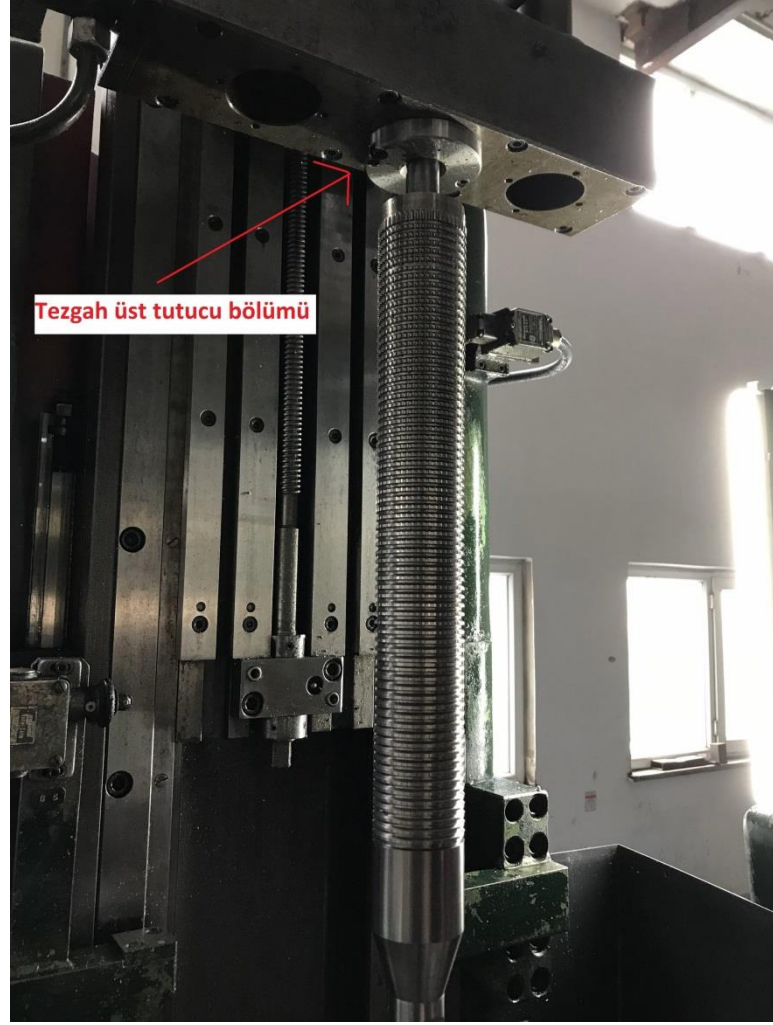
Tasarımın tamamlanmasının ardından sap çapları, kesici bölgenin giriş ve çıkış çapları, kesici boy ve saplara dair detay ölçülendirmelerin tamamı belirlenmiş oldu ve program tarafından bir sonraki sayfada bu ölçüler şablon teknik resim üzerinde yerlerine otomatik yerleştirildi. Seçilen hatve doğrultusunda yine standarda göre diş formunu tayin eden ölçüler de teknik resim sayfasında yer almaktadır (Şekil 4.2).



Kullanıcı arzu ederse “Yazdır” butonuna tıklayarak bu sayfanın çıktısını alıp imalatla kullanabilir şekilde yazılım düzenlenmiştir.

4.1.3 Tasarıma uygun imalat ve broşlama

Yazılımın öngördüğü teknik resim esas alınarak broş takımı üretildi ve deneme broş çekme işlemlerine başlandı (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Dizayn edilmiş broş takımının tezgâha bağlanması

Broşlanacak parçaların deliği, Şekil 4.4’de gösterildiği gibi yazılım tarafından tayin edilen ölçüye hassas tornalanmıştır.



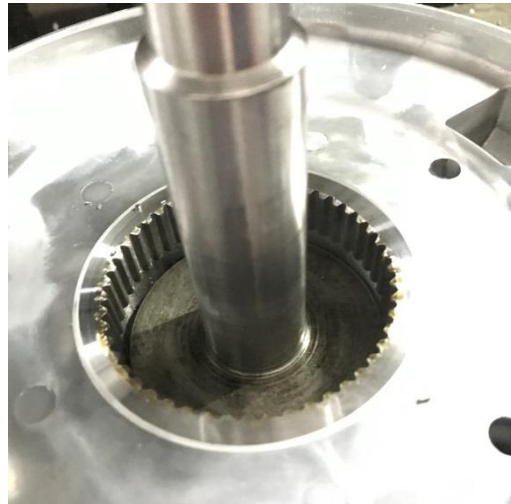
Şekil 4.4 Broşlama öncesi çapa hassas tornalanmış parça deliği

Broşlama uzunluğu ve hızı broş çekme tezgâhına ayarlanmıştır. Broş parça üzerine üst tutucu tarafından getirilip bırakılmış, broş takımının ön şaftı hassas tornalanmış delik çapı tarafından yataklanarak Şekil 4.5’de gösterildiği gibi takım tutucu kısmından yakalanmıştır.



Şekil 4.5 Parçanın hassas tornalanmış delik çapından broş takımının ön şaftını yataklaması

Broşlama operasyonu başladı, kesme sesi gayet uygundu ve Şekil 4.6’da görüldüğü gibi broş takımının parçayı herhangi bir sorun yaratmadan terk ettiği görüldü.



Şekil 4.6 Broşlama sonrası broş takımının parçayı terk etmesi

İlk saat boyunca çıkan parçaların tamamı evolvent formları ölçüldü.

Yazılım ile tasarlanan yuvarlak broş takımı ile 200 adet parça 7 metre / dk. broşlama hızı ile broşlanmıştır. Hedeflenen majör çap değeri 65,34 mm ve hedeflenen minör çap değeri 62,58 mm idi. Bu değerler için 10. 50. 100. ve 200. parçalar ölçüldü ve sonuçlar $\pm 0,01$ mm tolerans dâhilinde olduğu görüldü. Yüzey pürüzlülüğü hedefi maksimum Ra: 3,2 μ m idi ve 10. 50. 100. ve 200. parçalar ayrıca yüzey pürüzlülük değerleri için ölçüldü. Sonuçların ortalaması Ra: 2,48 μ m bulundu, dolayısıyla tasarlanan broş takımının istenen yüzey kalitesini oluşturduğu da tespit edildi (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Broşlama sonrası parça deliğinde oluşan evolvent formu

4.2 Delik içi kama broş takımı için örnek

Yazılım tamamlandıktan sonra piyasada hâlihazırda üretilen bir parça seçildi ve bu parça için kama yuvası açan bir broş takımı yazılım ile tasarlandı.

4.2.1 Broşlanacak parçaya ait veriler

Bu veriler broşlanması istenen parçanın teknik resminden alındı ve programa giriş yapmak üzere kayıt edildi (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Delik içi kama broş takımı parça verileri

Kapsam	Değer
Parça kama yüksekliği	34,4 mm
Kama genişliği	8 mm
Parça delik çapı	30,6 mm
Broşlama uzunluğu	22 mm
Malzeme cinsi	Ham 4140

4.2.2 Program üzerinde yapılan seçimler ve çıktılar

Parça verileri programa giriş yapılmıştır ve algoritma Tablo 4.4’de görülen sonuçları hazırlamıştır.

Tablo 4.4 Yazılım çıktısı

Kapsam	Değer
Önerilen hatve	6 mm
Seçilen normal diş sayısı	84
Seçilen normal yedek diş sayısı	4
Toplam diş sayısı	88
Kesici boy	522 mm
Ön tutucu uzunluğu	180 mm
Ön tutucu kalınlığı	6 mm
Arka şaft uzunluğu	20 mm
Makine için gerekli kuvvet	4600 kg
Makine için minimum strok	554 mm

UserForm1

KAMA BROŞ TIĞI TASARIM PROGRAMI

I. İşlenecek Parça Dataları

Parça Delik Çapı:

Kama Ölçüsü:

Kama Geniği:

Parça Boyu:

Brojlama Boyu:

Malzeme Cinsi:

II. Broş Takımı Parametreleri

Toplam kaldırılacak paso miktarı:

Önerilen ortalama paso:

Seçilen hatve:

Önerilen hatve:

Seçilen profil diş sayısı:

Önerilen normal diş sayısı:

Seçilen profil yedek diş sayısı:

Önerilen normal yedek diş sayısı:

Hesaplanan toplam diş sayısı:

Önerilen toplam diş sayısı:

Hesaplanan kesici diş boyu:

Önerilen kesici diş boyu:

III. Ön ve Arka Tutucu Seçimi

Ön tutucu için kullanılacak standart:

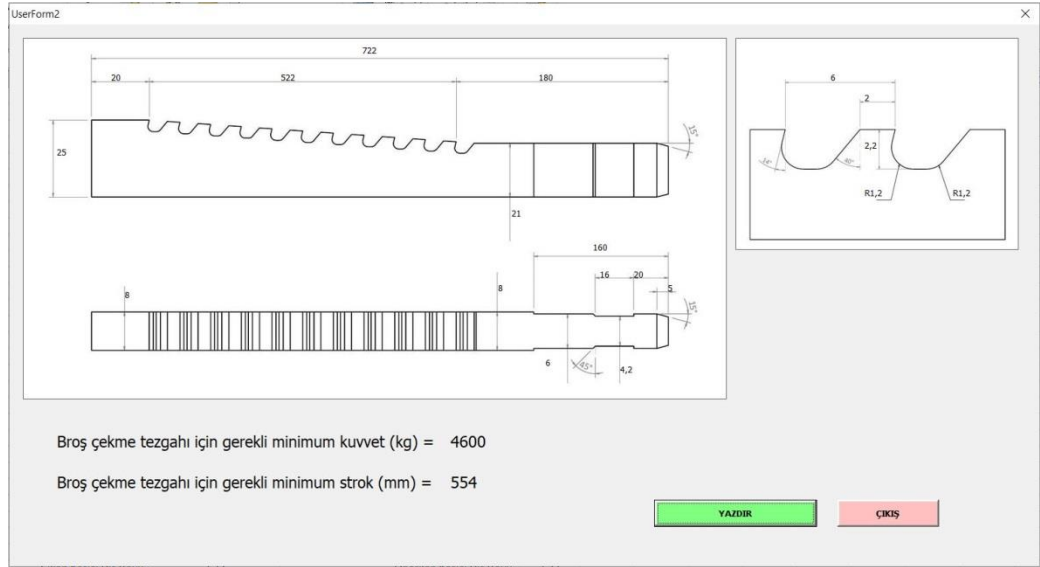
Seçilen ön tutucu genişliği:

Önerilen ön tutucu genişliği:

Arka tutucu var mı?:

Şekil 4.8 Yazılımda girdilerin ve çıktıların bir arada görünümü

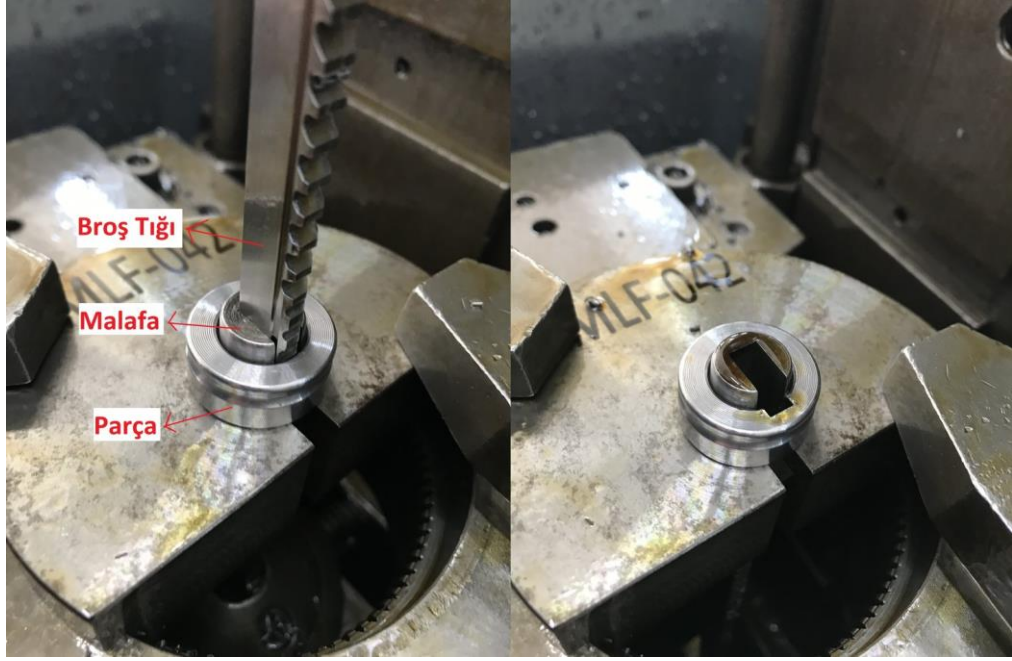
Hesaplanan sonuçlar üzerinden broş takımı tasarım parametreleri belirlenmiş (Şekil 4.8) ve doğru tutucu sap formuyla birlikte program tarafından Şekil 4.9'da gösterilen teknik resim hazırlanmıştır.



Şekil 4.9 Program tarafından çizilen teknik resim

4.2.3 Tasarıma uygun imalat ve broşlama

Programın öngördüğü ölçülere birebir uyularak kama broş takımı imal edildi ve broşlama işlemi gerçekleştirildi. Sonuçların uygun olduğu görüldü (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Örnek bir kama broş takımı ile broşlama prosesi ve broşlama sonrası parça geometrisi

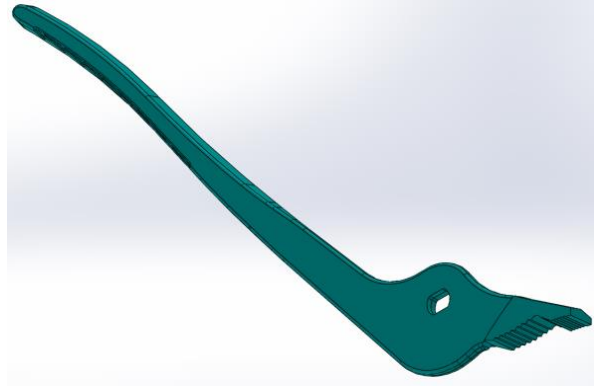
Yazılım ile tasarlanan kama broş takımı ile 200 adet parça 6 metre / dk. broşlama hızı ile broşlanmıştır. Hedeflenen kama yükseklik değeri 28,22 idi. Bu değer için 10. 50. 100. ve 200. parçalar ölçüldü ve sonuçlar $\pm 0,01$ mm tolerans dâhilinde olduğu görüldü. Yüzey pürüzlülüğü hedefi maksimum Ra: 3,2 μ m idi ve 10. 50. 100. ve 200. parçalar ayrıca yüzey pürüzlülük değerleri için ölçüldü. Sonuçların ortalaması Ra: 1,96 μ m bulundu, dolayısıyla tasarlanan broş takımının istenen yüzey kalitesini oluşturduğu da tespit edildi.

4.3 Yüzey profil broş takımı için örnek

Yazılım tamamlandıktan sonra broş takımı ile çalışmaya uygun bir parça seçildi ve bu parça için yüzey profilini oluşturacak bir broş takımı yazılım ile tasarlandı.

4.3.1 Broşlanacak parçaya ait veriler

Yüzey broş takımlarında form karmaşık olduğu için genelde teknik resim yerine katı model paylaşılır. İşlenecek form üzerinde 0,5 mm paso bırakıldığı belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma bir teknik resim üzerinden değil, prototipin lazer tarama yöntemiyle katı modele dönüştürüldüğü data üzerinden yapılmıştır (Şekil 4.11) .



Şekil 4.11 Talep edilen parçanın katı modeli

Bu noktada broş takımı tasarımcısının katı model üzerinden tarif edilebilir bir geometri hazırlaması ve bu geometriyi broş takımının yüzey profiline giydirmesi gerekir. Bu süreçte kaldırılacak profil pasosu ve broşlama uzunluğu da tayin edilmiş olur (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Yüzey profil broş takımı parça verileri

Kapsam	Değer
Kaldırılacak profil pasosu	3.42 mm
Broşlama uzunluğu	11.5 mm
Malzeme cinsi	CK45

4.3.2 Program üzerinde yapılan seçimler ve çıktılar

Katı model üzerinden ölçü alınarak profil genişlik ve derinliği tespit edilmiştir ve bu değerler programa girilmiştir (Şekil 4.12).

UserForm1

YÜZEY BROŞ TIĞI TASARIM PROGRAMI

I. İşlenecek Parça Dataları

Profil Derinliği: 3,42
Profil Geniğiği: 34

Hesapla & Devam Et

Parça Boyu: 11,5
Broglama Boyu: 11,5
Malzeme Cinsi: CK45

Hesapla & Devam Et >>> Diş Sayısı ve Hatve Seçimi

Toplam kaldırılacak paso miktarı: 3,42
Önerilen ortalama paso: 0,06
Önerilen hatve: 5

Seçilen hatve: 5

Seçilen profil diş sayısı: 59
Seçilen profil yedek diş sayısı: 4

Hesapla

Hesaplanan toplam diş sayısı: 63
Hesaplanan kesici diş boyu: 310

Önerilen normal diş sayısı: 59
Önerilen normal yedek diş sayısı: 4

Önerilen toplam diş sayısı: 63
Önerilen kesici diş boyu: 310

Hesapla & Devam Et >>> Ön ve Arka Tutucu Seçimi

TASARIMI TAMAMLA **ÇIKIŞ**

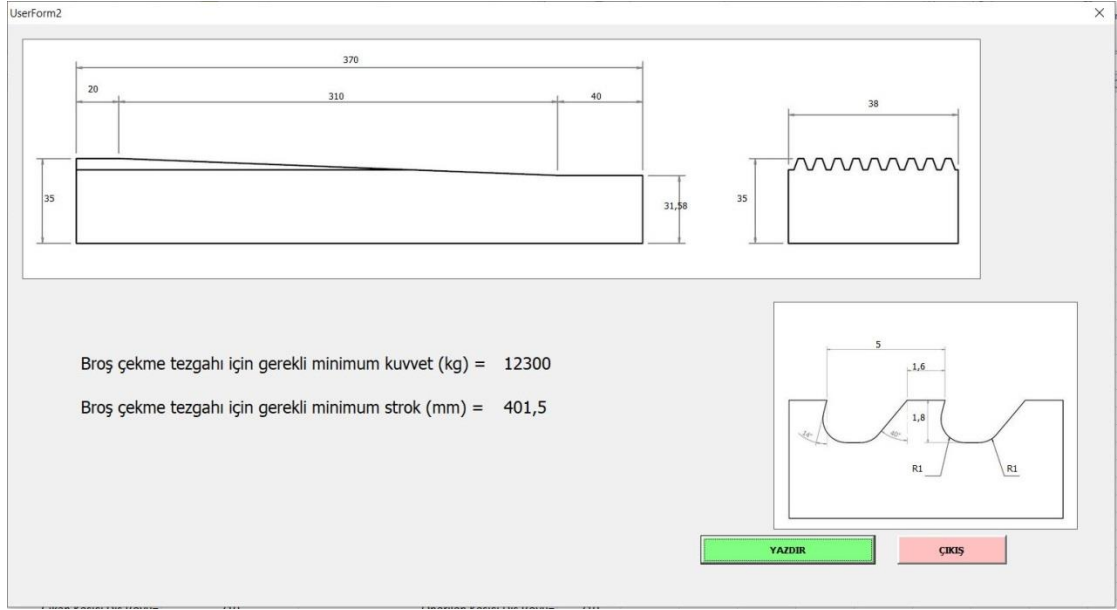
Şekil 4.12 Yazılımda girdilerin ve çıktılarının bir arada görünümü

Girilen ölçüler sonucunda program broş takımını tasarlayıp çıktıları belirlemiştir. Bu çıktılarla broş takımının hatvesi, diş sayısı, kesici boyu şaft uzunlukları ve gerekli broşlama kuvveti hesaplanmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Yazılım çıktısı

Kapsam	Değer
Önerilen hatve	5
Seçilen normal profil yedek diş sayısı	6
Toplam diş sayısı	59
Kesici boy	310 mm
Ön şaft uzunluğu	40 mm
Arka şaft uzunluğu	20 mm
Broş yüksekliği	35 mm
Makine için gerekli kuvvet	12300 kg
Makine için minimum strok	401,5 mm

Çıktı veriler doğrultusunda program tarafından bir şablon teknik resim hazırlanmış ve kullanıcıya sunulmuştur (Şekil 4.13).

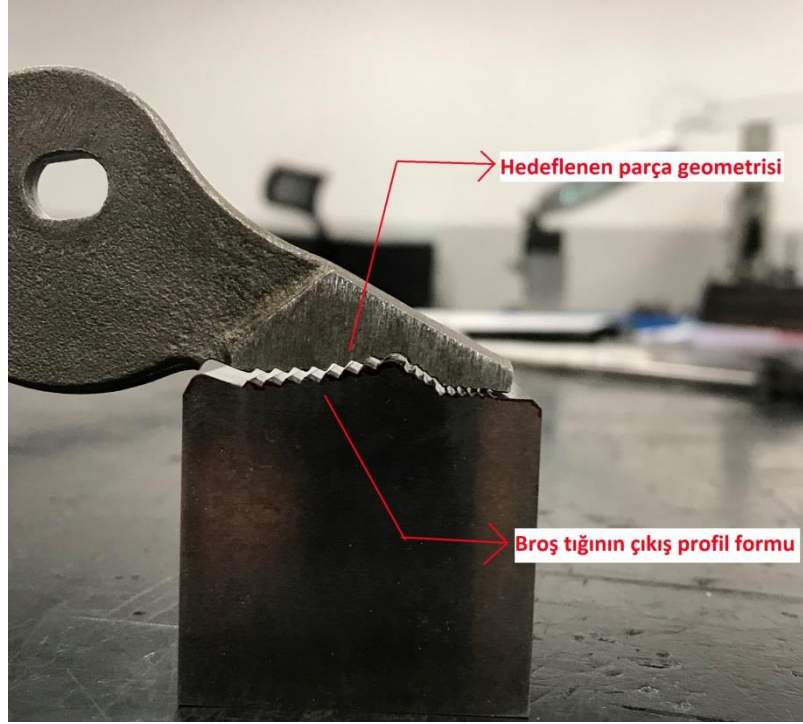


Şekil 4.13 Program tarafından çizilen teknik resim

Profil ölçüleri yine katı model üzerinden alınarak CAM yardımı ile takım yolu çıkarılmış ve form ölçüleriyle birebir örtüşen taş bilenmiştir. Bu taş yardımı ile de broş takımına profil formu giydirilmiştir.

4.3.3 Tasarıma uygun imalat ve broşlama

Yüzey profil broş takımlarında profil ölçülerinin kendi içinde tutarlı olması önemlidir. Dönüklük, dalma mesafesi gibi değerler parça fikstürünün kaydırılmasıyla elde edilebilir ancak broş takımı profilini sonradan düzeltmek oldukça güçtür. Dolayısıyla hedeflenen geometrinin broş takımı yüzeyine giydirilmesi önemli ve hassas bir iştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Örnek bir yüzey profil broş takımında hedeflenen geometri gösterimi

Boylu boyunca broş takımına işlenen profil formunun parça yüzeyinde oluşturulabilmesi için bu profil üzerinde kesici dişler açılmalı ve malzeme tipine uygun kademelendirme yapılarak broş takımının girişten çıkışa düzgün ve istikrarlı bir şekilde paso kaldırması sağlanmalıdır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Örnek bir yüzey profil broş takımında orta bölgedeki kesici dişler ve profil formunu tamamlayan dişlerin gösterimi

Yazılım ile tasarlanan yüzey profil broş takımı ile 200 adet parça 7 metre / dk. broşlama hızı ile broşlanmıştır. Hedeflenen profil ölçülerinde profil toleransı 0,1 mm idi. Bu değer için 10. 50. 100. ve 200. parçalar ölçüldü ve sonuçlar $\pm 0,06$ mm tolerans dâhilinde olduğu görüldü. Yüzey pürüzlülüğü hedefi maksimum Ra: 3,2 μ m idi ve 10. 50. 100. ve 200. parçalar ayrıca yüzey pürüzlülük değerleri için ölçüldü. Sonuçların ortalaması Ra: 2,12 μ m bulundu, dolayısıyla tasarlanan broş takımının istenen yüzey kalitesini oluşturduğu da tespit edildi.

Bu çalışma, klasik tasarım yapılırken kullanılan formüllere tasarım tecrübelerinin eklenmesiyle, tasarım tecrübesine sahip olmayan çalışanların broş takımı dizayn edebilmesi için bir yazılım oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Klasik tasarımda kullanılan formül ve metotlar Excel VBA tabanında makrolar ve arayüz yazılarak, eldeki verilerin girildiği, çıktı olarak da ideal broş takımının geometrilerini veren bir yazılım oluşturulmuştur.

Bu yazılımın sağlıklı sonuçlar verip vermediğini test etmek için de farklı broş takımı tiplerinden yazılımın öngördüğü şekilde imal edilmiş ve broşlama denemeleri yapılmıştır.

Yazılım ile tasarlanan yuvarlak broş takımı ile 200 adet parça 7 metre / dk. broşlama hızı ile broşlanmıştır. Hedeflenen majör çap değeri 65,34 mm ve hedeflenen minör çap değeri 62,58 mm idi. Bu değerler için 10. 50. 100. ve 200. parçalar ölçüldü ve sonuçlar $\pm 0,01$ mm tolerans dâhilinde olduğu görüldü. Yüzey pürüzlülüğü hedefi maksimum Ra: 3,2 μ m idi ve 10. 50. 100. ve 200. parçalar ayrıca yüzey pürüzlülük değerleri için ölçüldü. Sonuçların ortalaması Ra: 2,48 μ m bulundu, dolayısıyla tasarlanan broş takımının istenen yüzey kalitesini oluşturduğu da tespit edildi.

Yazılım ile tasarlanan kama broş takımı ile 200 adet parça 6 metre / dk. broşlama hızı ile broşlanmıştır. Hedeflenen kama yükseklik değeri 28,22 idi. Bu değer için 10. 50. 100. ve 200. parçalar ölçüldü ve sonuçlar $\pm 0,01$ mm tolerans dâhilinde olduğu görüldü. Yüzey pürüzlülüğü hedefi maksimum Ra: 3,2 μ m idi ve 10. 50. 100. ve 200. parçalar ayrıca yüzey pürüzlülük değerleri için ölçüldü. Sonuçların ortalaması Ra: 1,96 μ m bulundu, dolayısıyla tasarlanan broş takımının istenen yüzey kalitesini oluşturduğu da tespit edildi.

Yazılım ile tasarlanan yüzey profil broş takımı ile 200 adet parça 7 metre / dk. broşlama hızı ile broşlanmıştır. Hedeflenen profil ölçülerinde profil toleransı 0,1

mm idi. Bu değer için 10. 50. 100. ve 200. parçalar ölçüldü ve sonuçlar $\pm 0,06$ mm tolerans dâhilinde olduğu görüldü. Yüzey pürüzlülüğü hedefi maksimum $R_a: 3,2\mu\text{m}$ idi ve 10. 50. 100. ve 200. parçalar ayrıca yüzey pürüzlülük değerleri için ölçüldü. Sonuçların ortalaması $R_a: 2,12\mu\text{m}$ bulundu, dolayısıyla tasarlanan broş takımının istenen yüzey kalitesini oluşturduğu da tespit edildi.

Bu test çalışmaları sonucunda yazılımın istenen özelliklerde parça broşlayabilen broş takımlarını dizayn edebildiği görüldü ve programın algoritması doğrulanmıştır. Yazılım tarafından tasarlanmış broş takımları ile istenen ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülük değerlerine ulaşılabildiği görüldü. Örnek çalışmalar piyasada karşılağı olan parça geometrileri üzerinden yapıldığı için bu yazılımın sanayide kullanılabilir olduğuna kanaat getirildi.

Yazılım farklı geometrilere cevap verebilir hale getirilmek üzere geliştirmeye açıktır. Yüzey profil broşlarında kot farkının farklı bölgelerde değişken olduğu geometrilerde hesaplama yapmaya henüz uygun değildir, ilgili geometri bölümlere ayrılarak ayrı ayrı analiz edilmeli ve tasarım buna göre yapılmalıdır.

Gelecekteki çalışmalarda, program parametreleri daha fazla denemeyle ve ekstrem geometri koşullarında doğru sonuçlar verip vermediğinin test edilmesi uygun olur. Ekstrem koşullara uyum sağlamak için programdaki formüllere düzeltme katsayıları da eklenebilir, yazılım buna uygundur.

Ayrıca seçim kısıtlamalarının daha da genişletilebilmesi için uç boyutlarda meydana gelen sapmalar incelenerek ve farklı girdi ölçüm aralıkları için kullanılacak formüllere bu sapmaları ortadan kaldıracak katsayılar eklenebilir. Böylece program daha geniş kullanım için geliştirilebilir.

Sonuç olarak diyalog sistemiyle işleyen bir yazılım geliştirilmiştir ve bu yazılım kullanılarak daha sonra alınan tasarım kararlarından etkilenmeden karar verebilen bir sistematik ortaya çıkartılmış ve hesaplamalar kolay ve kullanıcı dostu bir hale getirilmiştir. Ayrıca deneme üretimleriyle yazılım doğrulanmıştır.

- [1] Design and Finite Element Analysis of the Broaching Tools, Sham Kumar Rajam, 1997
- [2] Design of Broaches Using Computer”,Saiful Islam, 1990
- [3] Optimization of Broaching Tool Design, Utku Köktürk, 2004
- [4] Design and Finite Element Analysis of Broaching Tools, A.V. Pradeep, K. Ram Prasad, T. Victor Babu, 2012
- [5] Design and Analysis of Broach Tool for Splines, Malyadri Akula, K. Handra Sekhar, Akula Nagendra, 2013
- [6] Automatic Broaching Tool Design by Technological and Geometrical Optimization, P. Vogtel, F. Klocke, D. Lung, & S. Terzi, 2014
- [7] On the Optimized Design of Broaching Tools, A. Hossein ve H. A. Kishawy, 2014
- [8] Geometrical Optimization of the Broaching Tools by Leveling of the Cutting Forces, Arash Ebrahimi Araghizad, 2018
- [9] Simulation of Broaching Operations for Tool Design Optimization, E. Ozlu, S. Engin, C. Cook, T. El-Wardany, E. Budak
- [10] Computer Aided Design Application for Optimum Broach Design K. Ferhat Çelik, Banu Körbahti, Murad Kucur Department of Mechanical Engineering, Istanbul University 2003
- [11] Designing spline broaches of optimal structure, Svetlana Lukina, Margarita Krutyakova, and Sergey Ivannikov, Moscow State University of Technology 2018
- [12] C. Monday, Broaching, (The Machinery Publishing Co., London, 1960)
- [13] The use of deforming broaching for enhancing the efficiency of cutter chisels Ya. B. Nemyrovskiy, V. V. Krivosheya S. E. Sardak, I. V. Shepelenko, Yu. A. Tsekhanov, Central Ukrainian National Technical University 2020
- [14] Optimization of Keyway Broach Design Riad Ahmad, Hani Al-Rawashdeh, Ahmad O. Hasan ASM International 2019
- [15] O Zhed et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 971 022027
- [16] Özelkan, E.C., Öztürk, Ö. and Budak, E. (2011) ‘Identifying parameters of a broaching design using non-linear optimization’, Int. J. Modeling, Identification and Control, Vol. 12, No. 3, pp.244–252.
- [17] Modeling and assessment of broaching tool with grooves on the flank face Jing Ni & Yu Shi & Shaofeng Wu & Xinrun Guo & Zhen Meng London
- [18] <https://www.theengineerspost.com/broaching-machine/> 20.01.2021
- [19] DIN 1416 Deutsche Normen Raumwerkzeuge

- [20] Bilgi Profili No.51 Broş (Takım) Hesabı – TÜBİTAK, Sümeyir Akçasu, 1973
- [21] Kısa M., Özel Üretim Teknikleri, Furkan Ofset, Bursa, 2002.
- [22] www.kestas.com.tr 20.01.2021
- [23] www.kestas.com.tr 20.01.2021
- [24] www.theengineerspost.com/broaching-machine/ 20.01.2021
- [25] www.kestas.com.tr 20.01.2021
- [26] 4mechtech.blogspot.com/2014/08/principle-of-broaching-machine.html
20.01.2021
- [27] www.theengineerspost.com/broaching-machine/ 20.01.2021
- [28] DIN 1415 und DIN 1417 Deutsche Normen Raumwerkzeuge

Makaleler

1. Development of a Software for Designing In-Hole Broaching Tools - Journal of Advances in Manufacturing Engineering Volume: 1, Issue: 4, (December 2020), pp:101-121